



Demografía y pesquería del tiburón martillo, *Sphyrna lewini*, (Griffith y Smith, 1834) (Pisces: Elasmobranchii) en dos provincias oceanográficas del Pacífico mexicano

T E S I S

Que para obtener el grado académico de

Doctor en Ciencias

Biología Marina

P R E S E N T A:

M en C. Vicente Anislado Tolentino.

DIRECTOR DE TESIS: Dr. CARLOS J. ROBINSON MENDOZA

COMITE TUTORAL: Dr. MANUEL GALLARDO CABELLO
Dr. FELIPE AMEZCUA LINARES
Dr. FELIPE GALVÁN MAGAÑA
Dr. OSCAR SOSA NISHIZAKI
Dr. XAVIER CHIAPPA CARRARA
Dr. JUAN MADRID VERA

México D. F. 2008

DECLARACIÓN DE AUTOR

Atentamente

Vicente Anislado-Tolentino anislado@gmail.com

Agradecimientos

Al Programa de Becas del CONACyT y al programa de Becas Complementarias de la UNAM por las becas otorgada para el desarrollo de este trabajo.

Agradezco al Dr. Carlos Robinson. M. por su confianza y apoyo en este trabajo.

A los Doctores Manuel Gallardo Cabello, Felipe Amézcua Linares, Felipe Galván Magaña, Oscar Sosa Nishizaki, Juan Madrid Vera y Xavier Chiappa Carrara, por su paciencia, asesorías y comentarios durante el tiempo que llevó la realización de este estudio

Este estudio además de ser fruto de mi trabajo contó con la asesoría de un gran número personas, quienes con una recomendación, comentario, hasta con una disertación de un tema, enriquecieron esta tesis:

Asesores logísticos: Shelton P. Applegate (†), Luis Espinosa Arrubarrena, Fernando Sotelo, Gregor Cailliet, Henry Cortes, Peter Klimley, Fabío Hazin, Robert Heuter, Roff Derek, Henry Mollet, Michel R. Heupel, Andrew Percy, Kanesa Duncan, John Carlson, Ramón Bonfil Sanders, Carlos Villavicencio Garayzar, Fernando Márquez Farías, Leonardo Castillo Géniz, David Mendizabal y Oriza, David Corro, Gabriela Medina González, Genoveva Ladrón de Guevara, Carmen Alejo Plata, Samuel Ramos Carrillo, Jesús Virgen Ávila, Javier Tovar Ávila, Teresa Gaspar Dillanes, Heriberto Santana, Ramón Moran Angulo, Sandra Rita Soriano, Donaldo Acal, Patricia Fuentes, Ana María Torres, Manuel Ixquiac, Jorge Luis Oviedo P., Elaine Espino Barr, Ignacio Mendez Gómez-Humaran, Arturo García Boa, Rafael Vélez Marín, Claudia Aguilar, América Díaz y en especial a Laura Gámez Moedano y Arturo García Ochoa.

Apoyo en campo: Laura Gámez Moedano, Rubén Domínguez, Bruno Islas Vázquez, Ileana Castillo, Guillermo Ortega Jasso, Marcela Sarabia, Arturo García Ochoa, Humberto y Camilo Toledo Rentería, y para los que en la memoria se me olvidan, una disculpa.

Apoyo en laboratorio: Laura Gámez Moedano, Ileana Castillo, Miguel Villavicencio Sánchez y Marco Antonio Beltrán de la Rosa.

Apoyo en gabinete: Laura Gámez Moedano e Ileana Castillo.

Apoyo escolar: Gabriela Almaraz Mejía, Chantal Ruiz Guerrero, Diana Juárez Bustos, Guadalupe Godoy Medina y en muy especial a la Dra. Gloria Villaclara Fatjó.

Dedicatoria.

A mí querida esposa Josefina Gómez Garduño por su paciencia y apoyo !las constelaciones se acomodan!

A mis hijos, Jannet Anislado Ramírez, Patricia Anislado Ramírez y Emmanuel Anislado Gómez, son lo más preciado de mi mundo.

A mi yerno Gregorio Ríos y a mis nietas Monserrat y Elvira, gracias por hacer crecer la familia.

A mis padres, Margarita Tolentino Hernández y Marcos Anislado Hernández, Gracias por la vida.

A mis hermanos: Marcos, Leticia, Martín (†), Beatriz, Patricia y Elvira (†), por sus enseñanzas.

A mis cuñados y sobrinos, gracias por la felicidad compartida.

A mi cuñada Esther Gómez Garduño, a mi suegro Santos Gómez (†) y al tío Delfino Gómez, por ser parte de mi familia.

A mi pequeño ángel, algún día caminaremos juntos.

A la Dra. Gloria Vilaclara, por su apoyo académico y espiritual.

A Miguel Villanueva, mi sicólogo de cabecera, gracias por enseñarme que existe otra forma de vivir.

Al grupo Hombres por la equidad, con ustedes aprendí a que la vida es una decisión propia.

A mis grandes amigos: Simón Piña Olivares (†), Miguel Villavicencio, Marco Antonio Beltrán, Héctor Lovera Salazar, Erika Mojica, Bruno Islas, Rubén Domínguez, Antonio López, y en especial a Laura Gámez Moedano, Rosario Pintor Elizalde, y María Fernanda del Lourdes Fuentes Sánchez, la amistad va más allá del mismo universo.

A la siempre dama, la mar……………………………………

Entre la tormenta.

El viajero desplegó sus velas, la amorosa mar lo acogió y etéreo universo abrigó su camino, ¡Oh desilusión!, en la mitad del camino, al momento de sus máximas contemplaciones. Entre la tormenta, su navío se encontró. Sudor frío perlo su frente al ser cubierto de las borrascosas nubes de locura que se acercaba, vientos de desesperación y relámpagos de contradicciones golpeaban su cuerpo. Con el alma contraída se sujetaba al cable de vida de sus ideales, pensando en el puerto que abriga la ensoñada ciudad de sus metas, aforrándose a lealtades no explicadas, al recuerdo de templos caídos, de sus pueblos asolados por la guerra interna de su propio cosmos, esa guerra cruel donde, contra las leyes , los padres lloran a los hijos muertos cual guerreros en un campo sin tregua, donde las propias espadas se tiñen con la sangre de los que las portan, donde el había sido un superviviente, lleno aun de heridas. Los remos quedaron tendidos a su lado, el miedo se convirtió en ira, maldijo los cielos, la tierra y a la misma mar, los culpo de sus perdidas y fracasos, la ira se convirtió en dejadez y se tendió al fondo de la barca en espera de que el ojo de la tormenta decidiera por el. En medio de la tormenta, otra se formaba en su interior, creo de sus temores y obstáculos Dioses, que se encargaron de flagelarlo. El representante de la locura le proclamaba que debía de apurar el paso, sin dar pista de la meta a seguir, el Dios del miedo le dictaba que parara, que todo esfuerzo era ya innecesario y que era el momento de cerrar los ojos, el Dios de sus pasiones terrenales le afirmaba que ya había experimentado todos los placeres, incluso los que van más halla de la experiencia y solo quedaba uno de ellos, ese al que todos tienen miedo, del que no se habla y solo se llora. Entre la tormenta, un dintel del cielo presento una constelación de estrellas, y las nombro las acomodo, y se posiciono entre ellas, comprendió que es una parte de un universo, si bien no la más importante, si una de ellas, ¿Qué es el Mar sin una gota de su agua? Mar, sigue siendo mar, y sin embargo tarde o temprano el ciclo del agua lo retornara a su matriz, nunca se retira es parte de la mar, solo se movió de lugar. Asombrado de sus ideas confronto a los Dioses, Dioses que el mismo creó y que el permitió que lo condujeran en un momento de desolación. Entre la tormenta, se levanto, tomo los remos, sus propias herramientas y dirigió la barca que contenía su ser a la luz del faro del puerto de sus metas, donde se encuentra la Ciudad que junto a su clan han formado, hombres y mujeres que tratan de vivir en la paz, y entre la tormenta el comenzó a sentir una nueva forma de vivir, la gran aventura de los antiguos guerreros, aquellos que tienen reglas de honor basadas en el Orden del Amor, no se levantan las espadas sino es para defender lo Amado, lo conseguido por uno mismo. Apoyado en este mundo, en el cual los olores, sabores y texturas existen, y donde la muerte es un evento que llegara a su tiempo y en su forma como una aventura más. Decidió continuar, tomo las herramientas que en un pasado forjo y se planto en su presente para poder ser parte del futuro…………El paso estaba dado, y se dio entre la tormenta.

Dedicado a quienes han sufrido y se han levantado….Entre la tormenta…

Vicente Anislado-Tolentino (Mayo 2006)

INDICE

Declaración de Autor

Agradecimientos

Dedicatoria

Entre la tormenta (Pensamiento)

Resumen…..…………………...1

Abstract…………….……………………………………………………………………….3

Introducción…………..…………………………………………………………………….5

Antecedentes………….…………………………………………………………………9

El tiburón martillo (*Sphyrna lewini*)…………………………………………………9

Posición taxonómica del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*)…………………………...10

La pesquería del tiburón martillo en Michoacán y sur de Sinaloa…………………….13

Edad y crecimiento……………………………………………………………………15

Aspectos reproductivos……………………………………………………………..18

Demografía……………………………………………………………………………19

Discriminación e identificación de los stocks pesqueros……………………………..20

La morfometría geométrica…………………………………………………………...23

Objetivos…………………………………………………………………………………..26

Áreas de estudio………………………………………………………………………..…27

División oceanográfica y biogeográfica del pacífico mexicano………………………27

La parte oceanográfica ……………………………………………………………….27

El golfo de california y el pacífico tropical mexicano………………………………..28

La parte biogeográfica………………………………………………………………..29

Michoacán……………………………………………………………………….31

Teacapán, Sinaloa……………………………………………………………….36

Material y métodos……………………………………………………………..41

Trabajo de campo……………………………………………………………….42

Trabajo de laboratorio ………………………………………………………….45

Trabajo de gabinete……………………………………………………………..47

Biometrías………………………………………………………………….47

Edad y crecimiento…………………………………………………………48

Aspectos reproductivos…………………………………………………….61

Análisis de la efectividad y selectividad de captura para las diferentes artes

de pesca (redes agalleras y palangres)…………………………..……….64

Calculo de mortalidad e índices de explotación……………………..……….66

Rendimiento por recluta…………………………………………………...71

Análisis demográfico……………………………………………………...72

Simulación a distintos escenarios de pesca…………………………………77

Análisis de la morfometría geométrica……………………………………...78

Resultados……………………………………………………..........................84

Biometrías…………………………………………………………………...84

Edad y crecimiento……………………………………………………….92

Aspectos reproductivos…………………………………………………….140

Análisis de la efectividad y selectividad de captura para las diferentes artes

de pesca (redes agalleras y palangres)…..………………………………..153

Mortalidad e índices de explotación………………...……………………….156

Rendimiento por recluta………………………………..………………….163

Análisis demográfico……………………………………..……………168

Escenario demográfico con mortalidad por pesca……………...…………173

Análisis de la morfometría geométrica……………………………………183

Discusión………………………………………………………………………………188

Edad y crecimiento……………………………………………………..190

Aspectos reproductivos……………………………………………....199

Análisis de la efectividad y selectividad de captura para las diferentes artes

de pesca (redes agalleras y palangres)………………………..………..202

Mortalidad e índices de explotación………………………………………204

Rendimiento por recluta………………………………………………..207

Análisis demográfico……………………………………………………..208

Escenarios de pesca……………………………………………………209

Análisis de la morfometría geométrica………………………………..210

Conclusiones……………………………………………………………………………212

Literatura citada ……………………………………………………………………215

Resumen

A través de once muestreos de cinco días efectivos por localidad realizados de enero de 2003 a febrero de 2005 se colectaron 70 individuos del tiburón martillo, *Sphyrna lewini*, (25 hembras y 45 machos) para las costas de Michoacán y 532 individuos (266 hembras y 266 machos) para la zona de Teacapán, Sinaloa. El objetivo del trabajo fue determinar los parámetros demográficos y pesqueros del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) en dos regiones oceanográficas del Pacifico mexicano, con la finalidad de que sean la base para proponer medidas de regulación pesquera regional. De un total de 26 parámetros analizados, incluyendo parámetros morfométricos, poblacionales, de crecimiento individual, y reproductivos, once fueron estadísticamente diferentes entre los organismos capturados en las dos zonas de muestreo. Desde el punto de vista de manejo pesquero resaltan las diferencias en temporada de nacimiento de esta especie (mayo a junio en Michoacán y agosto en Teacapan); la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r) que fue mayor en Michoacán (0.31) que la de Teacapan (0.29), y la tasa neta reproductiva (R_0) que fue mayor en Michoacán (13.1) que la de Teacapan (10.5). Desde el punto de vista morfométrico, destacan las diferencias de la longitud precaudal (mayor en Michoacán), la distancia intercefalica posterior (mayor en Michoacán) y la distancia intercervical anterior (mayor en Michoacán). Estas diferencias implican que *S. lewini* en Michoacán son más robustos. Estas diferencias probablemente sean el reflejo de un ambiente más oceánico prevaleciente en Mi chocan.

A través del análisis del borde vertebral y del retrocálculo, se estimó una periodicidad de formación de anillos de crecimiento bianual. Se estableció el periodo de gestación (10 a 11 meses) y las épocas de apareamiento y partos, las cuales difieren por casi dos meses en las

localidades de estudio. A la luz de los resultados del análisis morfométrico se encontró una separación del 98% entre ambos stocks, lo que comprueba la existencia de clinas poblacionales del tiburón martillo a lo largo de la costa del Pacífico mexicano.

Abstracts

Based in eleven sampling with five effective days by locality during January 2003 to February 2005, 70 scalloped hammerhead sharks (*Sphyrna lewini*) were collected in Michoacan coast (25 females, and 45 males), and 532 individuals (266 females, and 266 males) in Teacapan, Sinaloa zone. The objective in this study was to determine the demographic, and fishery parameters for the scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*) in two oceanographic regions of the Mexican Pacific, with the proposal of this results will base to proposal regional points for fisheries regulations. A total of 26 parameters were analyzed: morphometrics, population rates, individual growth curves, and reproductive aspects, eleven were statistically different among individuals collected in both sampling zones. In the point of view for fisheries regulations, stand out the births seasons (May to June in Michoacan, and August in Teacapan), The population growth intrinsic rate (r), was bigger in Michoacan (0.31) than Teacapan (0.29), and the reproductive net rate (R_0) was bigger in Michoacan (13.1) than Teacapan (10.5). In the morphometrics point view, emphasize the differences among precaudal length, posterior intercephalic length, and anterior cervical length (all bigger in Michoacan). These differences implicate that individuals of *S. lewini* in Michoacan is more robust than the individuals of Teacapan. Probably these differences indicate a more oceanic environment in Michoacan.

Through of edge vertebral and back-calculation analysis, the biannual growth rings were estimated. The period of gestation (10 to 11 month) was estimated. The mating and birth season (with a difference of two month), were established. The morphometric analysis

showed a separation of 98% between both stocks proving the existence of clinal variation in the populations of the scalloped hammerhead sharks along the Mexican Pacific coast.

INTRODUCCIÓN

Los tiburones y especies relativas (Elasmobranchii) engloban aproximadamente mil especies mayormente marinas (Compagno, 2001). A escala mundial, la pesca de elasmobranquios ha aumentado aceleradamente durante las tres últimas décadas. Se ha concluido que los elasmobranquios son particularmente sensibles a la pesca por que poseen un bajo potencial reproductivo, una lenta tasa de crecimiento, una madurez sexual tardía y una fuerte denso-dependencia entre los reclutas y los reproductores (Anderson, 1990; Castillo, 1990 y 1992; Dayton, 1991; Bonfil, 1994).

Existen evidencias anecdóticas, sostenida por los modelos teóricos de predicción del efecto de la pesca en estos animales, que indican que las poblaciones de tiburones están sufriendo declinaciones particularmente rápidas por todo el mundo. Así mismo, se ha sugerido que la pesca dirigida puede diezmar más rápidamente una población del tiburón que la de otras especies de peces (Camhi y Musick., 1998; Musick, 1999; Cortés, 2000). En ocasiones, los tiburones son capturados como pesca incidental en las industrias pesqueras multiespecíficas, en las cuales las especies objetivo presentan características biológicas que permiten una recuperación más rápida (Musick, 1999; Stevens *et al*., 2000). En estas pesquerías, los tiburones pueden ser capturados hasta la extinción comercial mientras que los peces más productivos continúan impulsando la industria. Por lo tanto, una carencia de las prácticas sensibles de administración, combinada con las características de la historia de la vida de los tiburones ha producido una receta para el desastre.

La captura de elasmobranquios en el Pacífico mexicano representa entre el 60% y el 70 % de las capturas en México. Las capturas nacionales en el año de 1999 alcanzaron cerca de 20,000 toneladas. En el Pacífico mexicano se capturaron 15,000 toneladas (Figura 1). De las especies de tiburón capturadas de manera comercial en el Pacífico mexicano destacan el cazón bironche (*Rhizoprionodon longurio*), los tiburones martillo (*Sphyrna lewini, S. zygaena y S. mokarran*), los cazones mamón (*Mustelus spp*), el tiburón sedoso o negro (*Carcharhinus falciformis*) y el tiburón volador (*Carcharhinus limbatus*).

De las principales especies capturadas en las costas de México destaca el tiburón martillo (*Sphyrna lewini*), este tiburón ocupa el primer lugar en biomasa capturada para el Pacífico Mexicano en su parte central (Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero), Golfo de Tehuantepec y Chiapas (Applegate *et al*., 1979; Anislado, 2000; Anislado y Robinson, 2001). En Sonora y Sinaloa este escualo ocupa el tercer lugar de las capturas (Hernández-Carballo, 1967). La mayoría de las capturas regionales del tiburón martillo se basan en neonatos, juveniles y adultos de ambos sexos (Anislado, 1995).

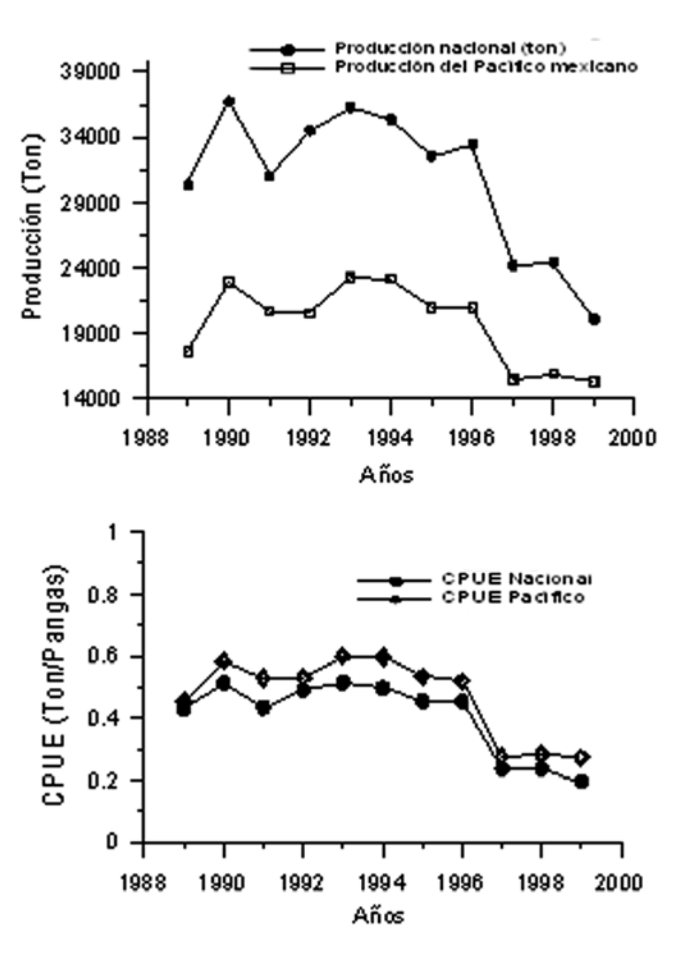


Figura 1.- Series históricas de las capturas de tiburón y cazón a escala nacional y en el Pacífico Mexicano (SERMARNAP, 2000).

A diferencia de otras pesquerías que se enfocan a especies objetivo (por ejemplo:. pargos, corvinas, meros, robalos), las casi 25 especies de tiburones involucradas en las pesquerías ribereñas de aguas mexicanas son consideradas como especies acompañantes o incidentales por algunos investigadores (Applegate *et al*., 1993; Bonfil, 1994, 1997; Ruiz y Madrid, 1997). Sin embargo existe una pesquería enfocada a tiburón, particularmente para tiburón martillo. Algunos pescadores están tan especializados para la captura de este tipo de tiburón como para la de pargos, róbalos y otros grupos de nombres genéricos. Cuando se desarrolla una pesca multiespecífica, el grupo de peces capturados se maneja como unidades

funcionales, es decir basadas en las especies que son fácilmente reconocibles o separables (guachinango, lisa, etc.), pero por lo general todos los grupos de peces se manejan por nombre común, que puede agrupar a más de una especie del mismo género o inclusive a distintos géneros. Esta situación es general y se acentúa en algunos grupos, incluidos los tiburones por lo que la información biológica y poblacional de los elasmobranquios es limitada, además de la inexistencia de un plan de recuperación poblacional que incorpore periódicamente nuevos conocimientos biológicos pesqueros de este tipo de peces.

El presente trabajo pretende desarrollar un estudio comparativo de la biología, demografía y pesquería del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) en dos provincias oceanográficas del Pacífico mexicano: Golfo de California y Pacífico tropical. Los resultados de esta investigación servirán de base para proponer medidas de explotación responsable y acordes a la dinámica pesquera y económica de estas dos regiones.

ANTECEDENTES

El Tiburón Martillo (*Sphyrna lewini*)

El tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) presentan una distribución circumtropical y realiza movimientos migratorios a gran escala. Sin embargo, los estudios sobre rutas de migración parecen indicar que existen poblaciones diferentes en zonas muy cercanas entre ellas. Para el tiburón martillo de la costa de Florida, se ha encontrado que los tiburones marcados en la región de la Bahía de Tampa no abandonan este lugar. Sin embargo, los marcados en la bahía de Florida migran hacia el norte sin mezclarse con los de Bahía de Tampa (Kohler *et al*., 1998). Para las costas de Sudáfrica y Australia la distancia recorrida por el tiburón martillo se encuentra dentro de un rango de 32 a 70 Km. (Dudley y Cliff, 1993; Stevens *et al*., 2000). En el Pacífico mexicano, el seguimiento por marcaje y recaptura así como telemetría satelital ha demostrado que los tiburones martillo del Golfo de California solo llegan a Mazatlán e Islas Revillagigedo (Hernández-Carballo, 1965a y 1965b; Kato y Hernández-Carballo, 1967; Klimley y Butler, 1988). Si bien el tamaño de muestra es pequeño en los estudios anteriores marcan una tendencia con datos tangibles para poder postular la existencia de poblaciones separadas en las dos zonas oceanográficas propuestas (Golfo de California y Pacífico Central Mexicano), y además por ser la única evidencia, debe de ser sujeta a su validación

El tiburón martillo es un elasmobranquio de aguas tropicales que presenta una moderada fecundidad (hasta 40 crías por parto; Anislado, 2000). Esta especie es uno de los miembros

de un ensamble pesquero que ocupa las mismas áreas de crianza en diferentes épocas del año en todo el mundo (Compagno, 1973; Parker Jr y Bailey, 1979; Castro 1993; Castillo y Márquez, 1996; Castro *et al*., 1999; Anislado, 2000). Este elasmobranquio esta incluido dentro de las veinte especies de tiburones capturados de manera intensiva a escala mundial (Castro *et al*., 1999; FAO, 1999).

Posición taxonómica del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*).

Clasificación.

A continuación se presenta la clasificación de *Sphyrna lewin*i para las categorías taxonómicas hasta familia según Compagno (1984). Para las Categorías de género y especie se empleó la clasificación de Gilbert (1967).

Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Clase	Chondreichthyes
Subclase	Elasmobranchii
Superorden	Euselachii
Orden	Carcharhiniformes
Familia	Sphyrnidae Linnaeus, 1758.
Género	Sphyrna Rafinesque, 1810.
Especie	*S. lewini*. (Griffith y Smith, 1834.)

Familia Sphyrnidae, Género Sphyrna (Tiburones martillo)

Los tiburones de ésta familia son primeramente distinguibles por la forma de la cabeza, debido a la expansión lateral acompañada por la modificación del condocráneo, especialmente por la elongación de los procesos preorbitales anteriores y posteriores, y de los cartílagos olfatorios formando los alerones cefálicos. Los ojos se sitúan en los bordes laterales de la cabeza y las narinas se encuentran en la el margen anterior de la cabeza. Las cápsulas olfatorias y la región orbital están ampliamente expandidas, los tres cartílagos rostrales muy expandidos y unidos anteriormente. Sin pliegue interdorsal, segunda aleta dorsal menor que la primera. Cuerpo comprimido la altura del cuerpo (medida desde el origen de la primera aleta dorsal) de 4 a 5.5 veces la distancia del borde anterior de la cabeza a la muesca precaudal dorsal (longitud precaudal), muesca precaudal dorsal muy evidente, muesca precaudal ventral evidente solo en unas especies y ausente en otras, si esta presente solo alcanza la mitad de la dorsal. De manera diagnostica, cuando los organismos están descabezados, los representantes de esta familia se pueden separar de otras familias por presentar una fosa basal en la parte postero-ventral del condrocráneo donde se insertan los músculos hipoaxiales. La musculatura hipoaxial derecha e izquierda se une bajo el condocráneo y columna vertebral en la región de la canastilla branquial.

Especie *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834)

La siguiente descripción es el resumen de las características que Gilbert (1967), Gilbert (1981), Applegate *et al*., (1979), Compagno, (1984) y Nayaka (1995) presentan: La cabeza

esta moderadamente expandida, ancho de 24.0 al 30.2 % de la longitud total (casi 26%). Su margen anterior posee ondulaciones poco profundas que forman tres lóbulos, la ranura narinal no se extiende a la parte media del margen anterior de la cabeza. Dientes triangulares, de base ondulada, bordes lisos, excepto en ejemplares de más de 170 cm., donde aparece una débil e irregular aserración. Formula dental 15/15 o 16-0/16-1, excluyendo los dientes sinficiales. Primera aleta dorsal recta no inclinada hacia atrás, su margen libre nunca llega al origen de las pélvicas, segunda aleta dorsal menor que la anal, base de la aleta anal más larga que la base de la segunda dorsal, pedúnculo caudal con fosa precaudal en forma de media luna en la parte dorsal, puntas de las aletas pectorales y de la dorsal negras, dorso grisáceo y blanco amarillento en la región ventral y flancos obscurecidos (Figura 2).

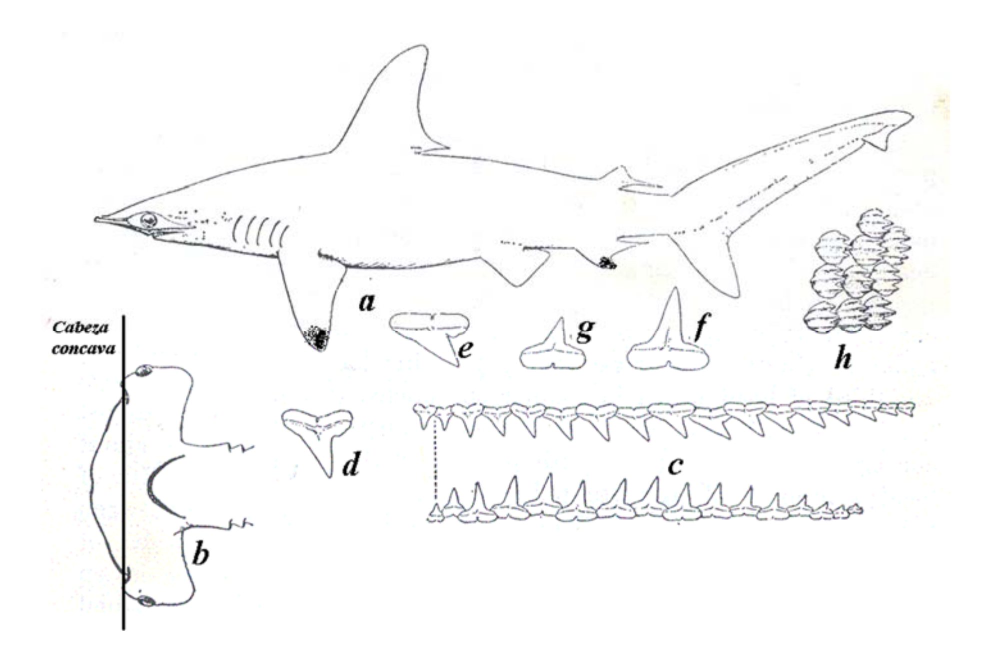


Figura 2.- *Sphyrna lewini*, a, vista lateral izquierda; b, vista ventral de la cabeza; c, serie dental izquierda; d, cuarto diente superior; e, decimosegundo diente superior; f, tercer diente inferior; g, decimoprimero diente inferior; h, dentículos térmicos (Modificado de Gilbert, 1967).

Distribución geográfica

Circumglobal de mares templados y tropicales. En el Pacífico Oriental: desde San Francisco California hasta el norte de Perú. En el Indo Pacífico: En el Mar rojo, África Oriental y a través del Océano Índico: desde Japón a Nueva Caledonia, Atlántico Oriental: del Mediterráneo a Námbia, Atlántico Occidental: Desde Nueva Jersey (EEUU) a Brasil, incluyendo el Golfo de México, Costas de Cuba y del Caribe (Figura 3).

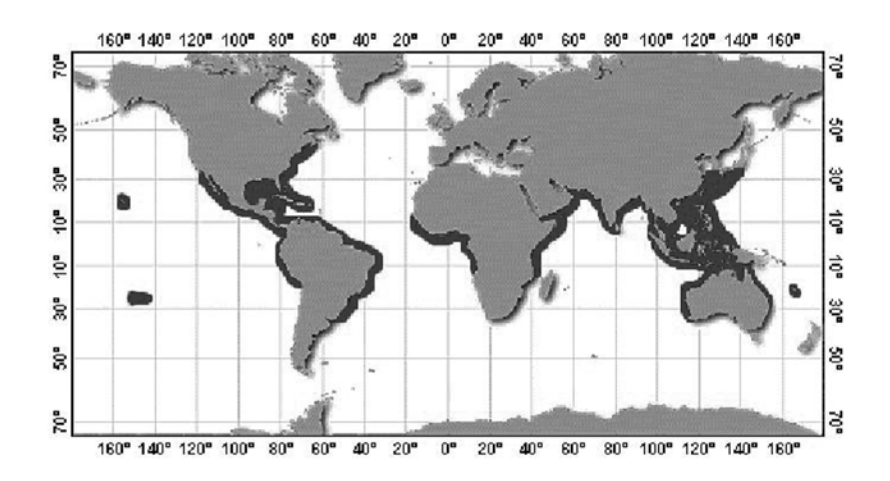


Figura 3.- Distribución mundial del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*)

La pesquería del tiburón martillo en Michoacán y sur de Sinaloa

En las costas de los estados de Michoacán y sur de Sinaloa, abunda el tiburón martillo por lo que puede representar hasta un 70% del peso vivo desembarcado en la pesca ribereña en el estado de Michoacán (Anislado, 1995, 2000; Ruiz y Madrid, 1997) y un 50% en el estado de Sinaloa. En esta ultima entidad es superado solo por el cazón bironche (*Rhizoprionodon longurio*) y por el tiburón coyotillo (*Carcharhinus velox*) (Saucedo, 1982). En ambos estados a pesar de contar con los mismos artes y métodos de pesca, así

como con dos periodos de abundancia en las capturas, existen marcadas diferencias en la actividad pesquera (Tabla 1; Secretaria de Marina, 1974; Saucedo *et al.*, 1982; Manjarres *et al.*, 1983; Rodríguez, 1986; Ortiz *et al.*, 1987; Secretaría de Pesca, 1987; Rigetty y Castro., 1990; Macias y Mota, 1990; Anislado, 1995, Ruiz y Madrid, 1997; Anislado, 2000; Anislado y Robinson, 2001; Sarabia y Velásquez, 2002).

Tabla 1.- Principales diferencias en la actividad pesquera de los estados de Michoacán y Sinaloa

Características pesqueras	Michoacán	Sur de Sinaloa
Número de pescadores	5, 508	19,191
Número de lanchas	3, 100 (localmente 20)	7, 323 (localmente 33 a 50)
Esfuerzo pesquero	5 horas/día; 26 viajes/mes	12 horas/día; 20 viajes/mes
Entrada y salida al mar en los principales meses de captura	Julio: Mañana - tarde Noviembre: Noche - día	Julio: Mañana - tarde Noviembre: Noche - día
Principales meses de captura de Sphyrna lewini	Mayo a Octubre. con un pico en Junio-Julio	Noviembre a Mayo, con un pico en Enero-Febrero
Porcentaje de la pesca marina estatal	10 %	62 %
PIB estatal	1 %	8.8 %
Canales de distribución de los productos	Jalisco, Sinaloa, Michoacán, Colima, Guerrero, Oaxaca, Tamaulipas, Veracruz, D. F., Durango, Guanajuato, Estado de México y Morelos	Michoacán, Colima, Jalisco, Nayarit, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Sonora, Baja California, Veracruz y D. F.

Edad y Crecimiento

La importancia de la estimación de la edad y el crecimiento de los tiburones en la evaluación de los recursos pesqueros se fundamenta en conocer la estructura de la población que está sujeta a explotación. Así también, permite conocer la dinámica poblacional o demografía del recurso. Esta importancia implica también la dificultad de las estimaciones, ya que los tiburones no cuentan con estructuras óseas como escamas y otolitos.

Se ha intentado evaluar la edad y crecimiento de los tiburones con diferentes métodos desarrollados principalmente para los peces óseos, los cuales han arrojado resultados cuestionables. Se ha sugerido utilizar modelos que incluyan estructuras de edad y biomasa similares a los aplicados a los mamíferos marinos ya que proveen evaluaciones más realistas (Anderson 1990).

Los estudios sobre edad y crecimiento del tiburón martillo han sido realizados por Clarke (1974) quien examinó el crecimiento del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) por medio del marcaje de neonatos, encontrando que las crías localizadas en Hawai, crecen hasta 1 cm. en 33 días y 6 cm. en 78 días. Holden (1974), utilizó datos del periodo de gestación, talla al nacer y la longitud máxima observada para estimar la tasa de crecimiento de *S. lewini* en el Golfo de México. Por otro lado, Tapiero *et al.*, 1996 utilizo análisis de frecuencias de tallas para estimar los parámetros de crecimiento para la especie en la costa del Pacífico

colombiano. Schwartz (1983) analizó el borde vertebral *S. lewini* y del tiburón negro *Carcharhinus obscurus*, del Golfo de California, proporcionando la técnica de tinción del cristal violeta para la observación de los anillos de crecimiento. Branstetter (1987) para el Noroeste del Golfo de México, Rigetty y Castro, 1990 para la costa de Mazatlán, Sinaloa, y Piercy *et al.*, (2007) para Noroeste del Golfo de México, investigaron la edad y crecimiento de *S. lewini* en el norte del Golfo de México mediante el conteo de anillos en el borde vertebral, encontrando la formación de un anillo anual, lo que implica una lenta tasa de crecimiento. Chen *et al*., (1990) trabajando también con *S. lewini*, encontraron en la región noroeste de Taiwán, la formación de un primer anillo de crecimiento al nacer y posteriormente dos anillos anuales, comportamiento similar encontraron Andrade, (1996) para la costa del Pacífico mexicano y Anislado y Robinson (2001) para la misma especie en la costa michoacana. En otras especies de tiburón, se han incrementado los estudios de edad estimando curvas de crecimiento por medio de anillos concéntricos de las vértebras. En algunas ocasiones estos estudios se han combinado con análisis de estructura de longitudes buscando la correlación entre la longitud del organismo y la formación de anillos (Thorson y Lacy, 1982; Ferreira y Vooren, 1991; Caillet *et al*., 1992; Parsons, 1993).

Los trabajos que usan las vértebras como estructura dura en los métodos directos de estimación de la edad en tiburones en su mayoría han usado el método de Fraser-Lee (Por ejemplo: Natanson *et al*., 2002; Carlson *et al*., 2003; Santana y Lessa, 2004), y en otros casos se utilizó el método de Dalh-Lea (por ejemplo: Branstetter *et al*., 1987; Wintner y Cliff, 1999; Wintner, 2000), son escasos y recientes los trabajos donde se usan otros modelos de retrocálculo, por ejemplo: Natanson *et al*., (2002) y Skomal y Natanson (2003)

utilizaron el modelo de Fraser-Lee con una modificación potencial. Solo Goldman y Musick (2006) evaluaron cuatro modelos de retrocálculo aplicado al tiburón salmón (*Lamna ditropis*) valorando el mejor modelo a través de las desviaciones de las medias.

Relación Longitud-Peso

Las relaciones de peso total con la longitud total han mostrado que se presenta como una generalidad el comportamiento isométrico de estas dos variables tanto en Hawai (Clark, 1971), Mazatlán, Sinaloa (Manjarres, 1983; Rigetty y Castro, 1990; Pérez-Jiménez y Vanegas, 1997 y Sarabia y Velásquez, 2002); Noreste del Golfo de México (Branstetter, 1987 y Kohler *et al.*, 1996); Noreste de Taiwán (Chen *et al*., 1990), Golfo de Tehuantepec (Zarate Rustrian , 2002)y para Michoacán (Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza, 2001).

Relación del peso total con la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy.

Solo existen tres trabajos que proporcionan la relación del peso total con la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, para *S. lewini.* Chen *et al*., (1990) para el noreste de Taiwan, Andrade, (1996) para el Pacífico mexicano, y Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza, (2001) para la costa Michoacana y en ellos se puede observar que las hembras son generalmente más pesadas que los machos.

Aspectos reproductivos

Este tema de estudio es el que mayor número de trabajos tiene al rededor del mundo ya que en el enfoque precautorio son más importantes los conocimientos de las tallas de madurez para establecer cuotas de talla de captura. Así tenemos que los trabajos de aspectos reproductivos los han trabajado: Holden, (1974) para Inglaterra, Bass *et al*., (1975) para Kwa zulú-Natal, Sudáfrica, Dodrill, (1977), Branstetter, (1987), Castro, (1993), Castillo Géniz y Márquez, (1996) para la costa de Norte América y Golfo de México, Klimley, (1987), y Torres Huerta, (1999) para el Golfo de California, Chen *et al*., (1988) para el noreste de Taiwan, Last y Stevens, (1994) para las costas de Australia, Crow *et al*., (1996) para Hawai, USA, Soriano Velásquez *et al*., (2000) y Campuzano Caballero, (2002) para el Golfo de Tehuantepec, México, y Hazin *et al*., (2001) para el Noreste de Brasil

Los estudios realizados en la proporción sexual del tiburón martillo, *S. lewini*, demuestra que esta varía de acuerdo al área donde se capturen. Las hembras son más abundantes en las áreas oceánicas, mientras que los machos dominan en la zona costera (Por ejemplo Klimley y Nelson, 1984; Klimley, 1987; Chen *et al*., 1988; Lessa *et al*., 1998).

Los reportes de la longitud de madurez sexual Para las hembras, van de los 200 a los 309 cm. de LT, mientras que para los machos va de los 140 cm a los 213 cm de LT. Las tallas de nacimiento reportadas van de los 35 cm a los 60 cm de LT.

La fecundidad proporcionada en la literatura va de los 10 a 48 crías por parto, mientras que los periodos de gestación van de los 10 meses a un año de manera consecutiva, excepto para el trabajo de Chen *et al.,* (1988) para la costa de Taiwan quien estima un periodo bianual de partos. Los apareamientos son reportados generalmente en verano con un desfase de un mes a dos con la temporada de partos.

Demografía

El termino demografía se refiere al estudio que tiene como meta describir la estructura de una población basándose en la distribución de la mortalidad y natalidad en sus cohortes (Margalef, 1977; Krebs 1994). Tiene como herramienta básica a la tabla de vida, que es una forma convencional de descripción de la cinemática de la población a través de una o varias generaciones, y por lo tanto puede ser simulado el efecto de factores intrínsecos como extrínsecos que pueden modificar a la mortalidad. El análisis poblacional es el estudio que separa los atributos de una población en un tiempo, razón por la cual la simulación o extrapolación no es muy confiable (Margalef, 1977; Krebs, 1994; Rothschild, 1995). El uso de la Matriz de Leslie (Leslie, 1954), en los estudios demográficos de los elamobranquios ha demostrado que es una herramienta poderosa para la implementación de estrategias de regulación y conservación de las especies (Hoening y Gruber, 1990; Simpfendorfer, 2005). La matriz de Leslie permite determinar el incremento de una población, y la estructura de la población en un cierto tiempo, así mismo permite estimar los efectos de los disturbios de los parámetros vitales (crecimiento, mortalidad y fecundidad) en las tasas de crecimiento poblacional (Simpfendorfer, 1998; Caswell, 2001).

La ventaja del uso de la matriz de Leslie es la posibilidad de realizar el análisis de sensibilidad, esto puede ser a través de los índices de sensibilidad o de la elasticidad, este último proporciona la intensidad de un cambio proporcional en los parámetros de las historias de vida en la tasa intrínseca de la población (Caswell, 2001; Frisk *et al*., 2004), es decir, puede proporcionar en que periodo de la vida de la población los cambios (como puede ser cambios en la mortalidad) influyen mayormente (Heppell *et al*., 1999).

Los datos necesarios para el estudio demográficos son la edad, mortalidad, fecundidad y edades de madurez, de esta manera puede se usada como una metodología para la valoración de alternativas en la conservación y el manejo de las poblaciones de elasmobranquios (Jones y Geen, 1977; Grant *et al*.,. 1979; Wood *et al*., 1979; Hoenig y Gruber, 1990, Hoff, 1990; Smith y Abramson, 1990; Cailliet, 1992; Cailliet *et al*., 1992; Walker, 1992, 1994 a y 1994 b; Cortés, 1995; Cortés y Parson, 1995; Sminkey y Musick. 1995; Márquez *et al*., 1998; Simpfendorfer, 1998; Lui y Chen, 1999).

Para *S. lewini*, Lui y Chen, (1999), Cortes, (2002), Frisk *et al*., (2001) Chen y Yuan, (2006) y Soriano-Velásquez *et al*., (2006) proporcionaron los parámetros demográficos, mismos que presentan grandes diferencias entre ellos.

Discriminación e identificación de los stocks pesqueros

La definición con más aceptación de un stock pesquero es la que lo enmarca como una entidad real (es decir existe por si misma) que se mantiene a través de sus ciclos de vida y se sostiene por la reproducción (Booke, 1981). De acuerdo con MacLean y Evans (1981) el

concepto de stock tiene dos argumentos centrales, el primero postula que las especies de peces se subdividen en poblaciones locales y la segunda supone que estas poblaciones se diferencian genéticamente entre ellas. De acuerdo con estos autores, existen cinco razones del por que la migración de algunos individuos de una localidad a otra no puede garantizar el flujo génico:

1. Los individuos migrantes que pueden ser reproductores potenciales presentan incompatibilidad de comportamientos y falta de reconocimiento de las áreas de reproducción y alimentación debido a la poca experiencia que tienen.
2. Los individuos se reproducen con anterioridad a la migración, por lo que sus reservas energéticas serán insuficientes para la reproducción en otra localidad. La reproducción al depender de ciertas condiciones físico-químicas, oceanográficas y estaciónales, pueden variar en diferentes regiones. Por otro lado los peces que presentan filopatría son generalmente selméparos como el salmón (Hasler, 1966; Ricker, 1972; Thorpe y Mitchell, 1981) y los pocos iteróparos, como los tiburones, se agregan para aparearse por lo que no pueden gastar energías antes de realizar sus migraciones a las zonas de reproducción (Garrick, 1982; Compagno, 1984; Castro, 1993; Camhi y Musick. 1998).
3. Los individuos migrantes pueden ser genéticamente compatibles con los residentes.
4. Los genes coadaptados pueden ser eficientes y eliminar la variación génica específica introducida en el grupo que tiende a tener una menor adaptación.
5. Los genes introducidos son raros inicialmente por lo que se pueden perder como resultado del cambio.

La existencia de poblaciones o razas geográficas de la misma especie en zonas cercanas implica que el fenotipo de las poblaciones depende en gran parte de las condiciones del medio ambiente en que se desarrollen los individuos, por lo que la variabilidad intrínseca de la población se ve aumentada entre las poblaciones alopátricas (Strauss y Bookstein, 1982). La separación de las poblaciones no solo puede deberse a barreras físicas, también se observa que las condiciones de frontera pueden influenciar en la presencia de variaciones clinales (Carlson y Parson, 1997). Una clina es cualquier cambio sistemático en una característica a través del rango de unas especies. Las clinas pueden ser abruptas o graduales. La presencia de clinas en morfología, parámetros de las historias de vida o comportamiento son usados como un modo de evidenciar la especiación, lo que origina primariamente poblaciones diferentes o razas geográficas (Sinervo, 1999)

Específicamente en tiburones, Carlson y Parson (1997) acuñan en el estudio de los tiburones el concepto de la variación clinal a través de un estudio de los parámetros de crecimiento del tiburón pala (*Sphyrna tiburo*) en la costa noreste de Florida, demostrando que en tres regiones cercanas la especie presenta una zona intermedia de mezcla y que la más norteña es más grande pero de más lento. Anteriormente, las variaciones clinales no eran acepta para los tiburones por su amplia distribución pero si para los organismos terrestres.

Existen otros trabajos que han proporionado datos que sustentan esta teoría. Sin embargo, sí los gradientes latitudinales en tamaño y crecimiento existen, es importante reconocer los efectos antropogénicos y naturales. Sí los tiburones en una región particular muestran una estructura de tamaño más pequeña que en otras regiones, este patron puede ser explicado

por cambios en la mortalidad y crecimiento afectados en turno por efecto de la pesca y puede ser discriminado por un análisis que integre la temperatura superficial del mar (Carlson y Parson, 1997) o la morfometría de los individuos de las diferentes regiones.

La morfometría geométrica

Los métodos de diferenciación de estos stocks se basan en diferentes técnicas. Por ejemplo análisis morfométricos, merísticos, demográficos, moleculares, identificación de parásitos como marcas naturales y rangos de migración por marcaje-recaptura. Sin embargo, debido a los costos que implican las técnicas moleculares y de marcaje, el uso de técnicas morfométricas y merísticas es el más aplicado (Cadrin, 2000).

La morfometría se define como la escuela científica que postula que todos los seres vivos poseen puntos de referencia en su configuración, estos puntos de referencia morfométrica pueden ser observados dentro de un plano cartesiano x-y, y su disposición en estas dimensiones son diagnósticas para cada especie, además se acepta que el fenotipo de las poblaciones depende en gran parte de las condiciones del medio ambiente en que se desarrollen los individuos por lo que la variabilidad intrínseca de la población se ve aumentada entre las poblaciones simpátricas (Strauss y Bookstein, 1982)

Derivado de las técnicas morfológicas tradicionales se ha desarrollado la morfometría geométrica, que ha dado resultados favorables en la discriminación de stocks de peces en áreas muy cercanas (Ihssen *et al*., 1981; Strauss y Bookstein, 1982; Corti *et al*., 1988; Schaefer, 1991; Corti y Crossetti, 1996; Cadrin y Friedlan, 1998; Waldman Jr. 1999).

En términos generales la morfometría geométrica es el estudio de las figuras biológicas y el cambio de su forma, el objeto de sus análisis son los puntos morfométricos (Landmarks) que son caracteres basados en coordenadas lineales, estos puntos pueden estar ubicados en lugares anatómicos bien definidos aun que para algunos organismos estas características pueden ser abstractos, sin embargo estos se relacionan directamente con procesos biológicos (Bookstein, 1991).

Los estudios más recientes recomiendan el método de la “Red de la Estructura Morfométrica” (REM, Strauss y Bookstein, 1982). Este método ha demostrado ser más confiable que las clásicas comparaciones con las morfometrías propuestas en estudio ictiológicos, que generalmente se basan en caracteres tradicionales como son la longitud total, la longitud patrón y altura máxima entre otros (Strauss y Bookstein, 1982; Winans, 1984; Cadrin, 2000)

La REM consiste en una serie de celdas cuadriláteras, cada una definida por cuatro puntos morfométricos que forman cuatro bordes y dos distancias diagonales. Este procedimiento permite detectar variaciones (ontogénicas, sexuales, poblaciones y de especies) en dimensiones lineales de distancias horizontales, verticales y oblicuas de todo el cuerpo del pez por medio de estadísticos de ordenación, como son los análisis de componentes principales, discriminantes y cluster (Corti *et al*., 1988).

Para discernir diferencias entre tamaño y forma de los puntos morfométricos se incluyen métodos de superposición de puntos morfométricos y análisis multivariados donde se

pueden apreciar de manera visual y estadística las variaciones y diferencias (Bookstein, 1991; Rohlf y Bookstein, 1990; Marcus *et al*., 1993; Cadrin, 2000).

De los stocks de peces que han sido separadas por medio de la morfometría geométrica como poblaciones individuales destacan aquellos que presentan una distribución amplia a escala pelágico-costera como por ejemplo el salmón del Pacífico (*Oncorhynchus salmoides*) (Winans, 1984); las barracudas de Taiwán, Sphyraenidae, (Lin y Shao, 1987); el Peto (*Scomberomorus caballa*), de la costa este de EUA y del Golfo de México (Grimes *et al*., 1987); el atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*), en el Océano Pacífico (Schaefer, 1991), así como la sardina común de Chile (*Strangomera bentinuk*) (Cortés *et al*., 1996).

OBJETIVOS

General

Determinar los parámetros demográficos y pesqueros del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) en dos regiones oceanográficas del Pacifico mexicano, con la finalidad de que sean la base para proponer medidas de regulación pesquera regional.

Particulares

Para cada localidad se pretende:

1. Determinar la edad y crecimiento del tiburón martillo por medio del análisis de marcas de crecimiento en el borde vertebral.
2. Determinar la relación longitud-peso.
3. Determinar la madurez sexual
4. Determinar la talla al nacer, época de nacimiento, fecundidad y periodo de gestación, proporción de sexos en embriones, juveniles y adultos
5. Estimar la mortalidad natural y por pesca, así como los índices de explotación.
6. Realizar un estudio comparativo de los modelos de rendimiento por recluta de Beverton y Holt (1957) y del modelo demográfico (Matriz de Leslie; Leslie, 1954) a través del punto de referencia biológica.
7. Validar o rechazar la existencia de diferencias poblaciones (clinas) del tiburón martillo en ambas localidades, a través las diferencias encontradas en los puntos anteriores y confirmarlas con el análisis de la “Red de la Estructura Morfométrica” (REM).

ÁREAS DE ESTUDIO

División oceanográfica y biogeográfica del Pacífico mexicano

El Pacífico mexicano ha sido dividido de muchas maneras, estas divisiones dependen de cuestiones geomorfológicas, turísticas, pesqueras, navales, oceanográficas y biogreográficas. Aun cuando los límites de algunas de estas clasificaciones coinciden estas no son dependientes una de otra. En este contexto, y dada la importancia que para el presente trabajo tienen las divisiones del Pacifico mexicano, se explican las regiones, primero de manera oceanográfica con base en las propuestas vertidas en la recopilación sobre este tema que realizó De la Lanza (1991) y segundo de manera biogeográfica citando los variados trabajos que existen para esta parte.

La parte Oceanográfica

El Pacifico mexicano ha sido dividido por su oceanografía en tres regiones (De la Lanza, 1991): a) Costa occidental de Baja California, que comprende la costa occidental de Baja California hasta Cabo San Lucas. b) Golfo de California, que como su nombre lo indica abarca el Golfo de California y se limita al sur por el polígono formado por Cabo San Lucas y Cabo Corrientes. c) Pacífico tropical mexicano, de Cabo Corrientes a la frontera con Guatemala (Figura 4).

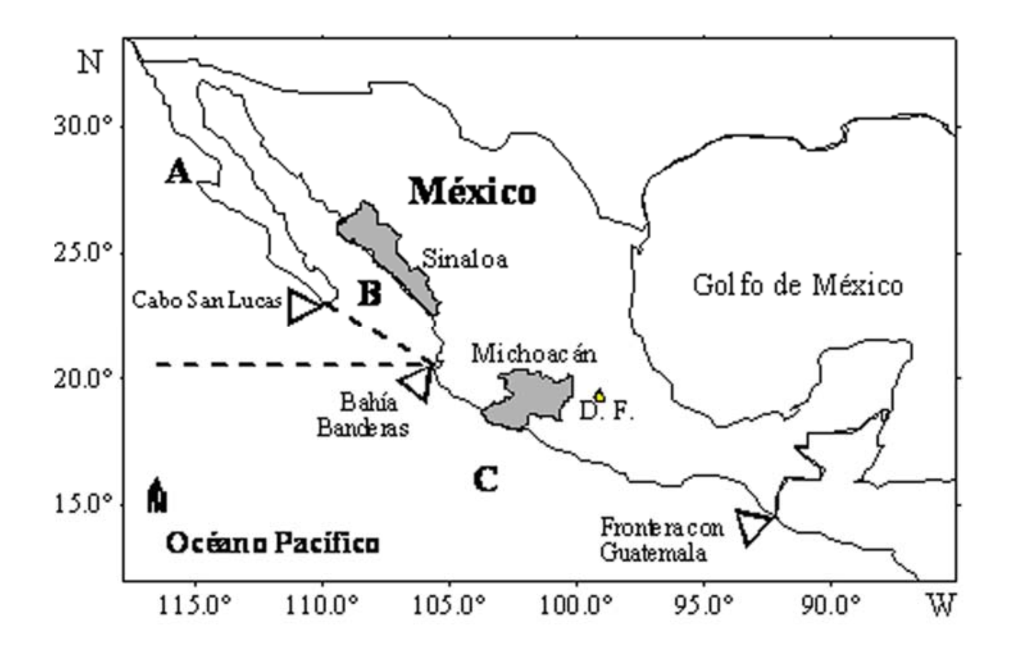


Figura 4.- Regiones oceanográficas de México. Las líneas punteadas separan a las zonas oceanográficas: A) Costa occidental de Baja California, B) Golfo de California y C) Pacífico tropical (De la Lanza, 1991).

El Golfo de California y el Pacífico Tropical Mexicano

El Golfo de California en su parte sur (polígono de Cabo San Lucas a Cabo Corrientes) posee una plataforma recortada que se amplía hacia las costas de Nayarit y Sinaloa, desapareciendo nuevamente en Puerto Vallarta, Jalisco muy cercas de Cabo Corrientes (Tovilla, 1991). Al oeste del Cabo se localiza una cordillera submarina con 90 metros de agua sobre de ella y con grandes profundidades a ambos lados. Esto puede ser el origen de las corrientes encontradas y el oleaje que se observa en ocasiones en las cercanías de este Cabo y que afecta a las Islas Revillagigedo (Anónimo, 1963).

El Pacífico tropical mexicano presenta un talud continental más o menos uniforme en su amplitud (25 a 30 km) y profundidad (2500 a 3000 m). Presenta laderas escarpadas, en

especial frente a las costas de Michoacán y Oaxaca. Paralelo a las costas de esta provincia se encuentra la Trinchera Mesoamericana con tres fosas: De Manzanillo, de Petacalco y de Acapulco (Flamand, 1991).

Los parámetros oceanográficos difieren en ambas provincias. En la provincia del Golfo de California la temperatura anual presenta un rango de 15-30 ºC, con un promedio de 19.7 ºC y con un rango de variación de la media de 6 ºC. La salinidad fluctúa entre los 35 a 36 con un promedio anual de 34.26. La provincia del Pacífico tropical mexicano tiene un rango de temperatura de 23-27 ºC y un promedio de 27.3 ºC, el rango de salinidad va de los 34-35 con un promedio de 34.3 (Cano, 1991; Pacheco, 1991)

La parte biogeográfica

Estudios realizados desde los años 70's dividen la región biogeográfica del Pacífico oriental en cinco provincias (de acuerdo con Espinosa y Llorente, 1993: una Provincia biogeográfica es una zona terrestre o marítima ocupada por un bioma característico definido por los taxones y comunidades que lo forman). Californiana, del estado de California, EUA y la Costa Oriental de Baja California hasta Bahía Magdalena. b) Cortesiana, del centro del Golfo de California a Cabo Corrientes, Jalisco, abarcando también Bahía Magdalena en Baja California Sur. c) Mexicana, del sur de Cabo Corrientes, Jalisco hasta el Golfo de Tehuantepec, Oaxaca. d) Panámica, del Golfo de Tehuantepec, Oaxaca hasta Guayaquil, Ecuador, y e) Galapagiense, que cubre exclusivamente a las Islas Galápagos (Briggs, 1974 y 1995; Horn y Allen, 1978; Brusca y Wallersstein, 1979; Reyes-Bonilla y López-Pérez, 1998).

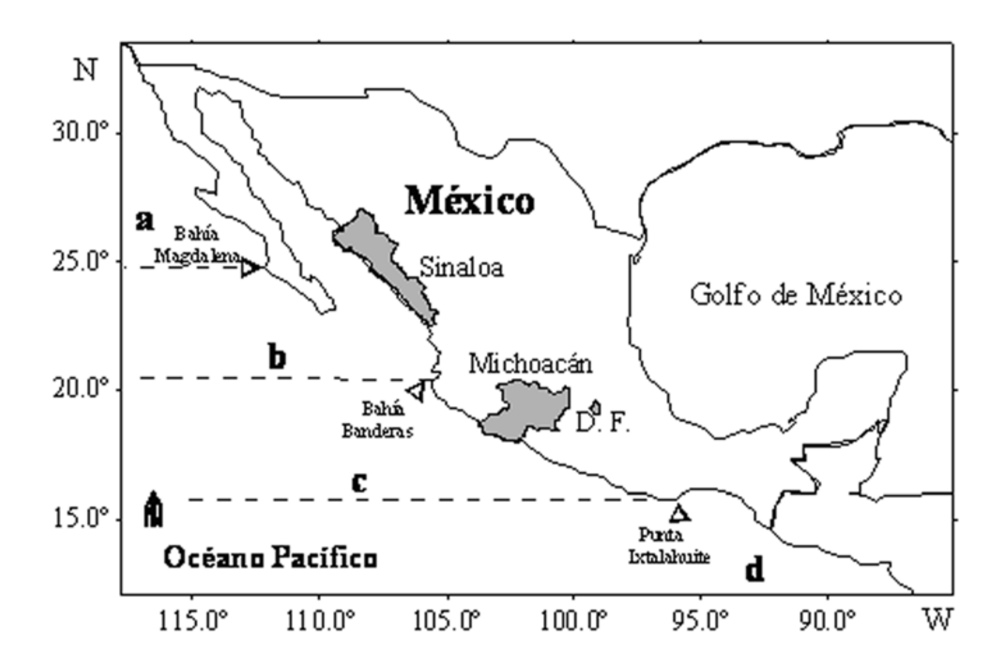


Figura 5.- Provincias biogeográficas del Pacífico mexicano. a) Californiana; b) Cortesiana; c) Mexicana y d) Panámica (Briggs, 1995).

Los trabajos que cubren el aspecto ictiológico de estas provincias demuestran que las comunidades de peces son muy diferentes entre cada una de ellas, destacando variabilidad en la abundancia de especies de las familias Carcharhinidae y Sphyrnidae (Briggs, 1974, Horn y Allen, 1978; Tapia-García, 1998)

La relación entre las características oceanográficas y biogeográficas pueden promover la existencia de poblaciones diferentes o subpoblaciones bien definidas de una gran metapoblación de tiburones volador (*Carcharhinus limbatus*) y martillo, ya que se ha demostrado que su distribución depende principalmente de los parámetros oceanográficos, además de la presencia de los organismos que forman su dieta (Horn y Allen, 1978; Garrick, 1982; Compagno, 1984).

Michoacán

Ubicada en la región oceanográfica del Pacífico Tropical Mexicano, y dentro de la provincia biogeográfica Mexicana. El área de estudio abarca el polígono de los 18º 3´N y 102º 28´W a los 18º 27´ N y 103º 23´ N, teniendo como base de colecta el poblado de Caleta de Campos, municipio de Lázaro Cárdenas (18º 04´24‘N 102º 45´18” W).

La costa michoacana corre desde el sudeste-este desde la Boca de Apiza (Río Coahuayana) hasta la boca de San Francisco (Delta del Río Balsas). Tiene una longitud en línea recta de 208 Km. y tomando en cuenta entrantes y salientes la longitud es de 262 Km. aproximadamente (Correa, 1974).

La zona pertenece a la provincia fisiográfica del estado denominada como planicies costeras del Pacífico, localizada entre la sierra madre del sur y el Océano Pacífico con una amplitud de tres kilómetros. La sierra llega hasta la costa por lo que se ha formado un litoral en el que se suceden bahías caletas, playas, acantilados, peñascos, terrazas, etc. Naturalmente se han formado planicies donde la sierra no penetra al mar creándose playas extensas (García-Téllez, 1998). Ramírez-Herrera y Urrutia-Fucugauchi (1999) ubican a la costa michoacana como una unidad geomorfológica independiente debido a las zonas de elevación de la plataforma.

Configuración del fondo

El relieve marino adyacente a la costa acusa un rápido hundimiento de tal manera que existen considerables profundidades a pocos metros de la orilla y en consecuencia la franja de la plataforma continental es muy estrecha (Álvarez, 1977). De alta importancia es el delta del Balsas que comprende los últimos 20 km. De este rió. Tiene una forma triangular de 60 km^2 de superficie, presentando rasgos muy notables como cañones submarinos.

La batimetría de la costa (Figura 6) muestra una plataforma continental muy reducida. Siguiendo los patrones de la isóbata de los 50 metros se puede dividir en cuatros regiones a la costa: la primera es el área influenciada por el delta del río Balsas, de sur a norte comienza en la desembocadura del Balsas y termina con una constricción de la isóbata en las inmediaciones del poblado de las Peñas; la segunda región comienza con el ensanchamiento de la plataforma, al norte de las Peñas hasta el poblado de Tizupa donde se pierde la isóbata de 50m; la tercera región esta caracterizada por encontrar a la isóbata de 200m a corta distancia de la costa, y comprende el norte de Tizupa hasta el poblado de la Ticla; la cuarta región comienza después de la Ticla donde se ensancha la plataforma dando una zona de resguardo en las inmediaciones de San Telmo y continua cerca de la desembocadura del río Armería en Colima (Anislado, 2004).

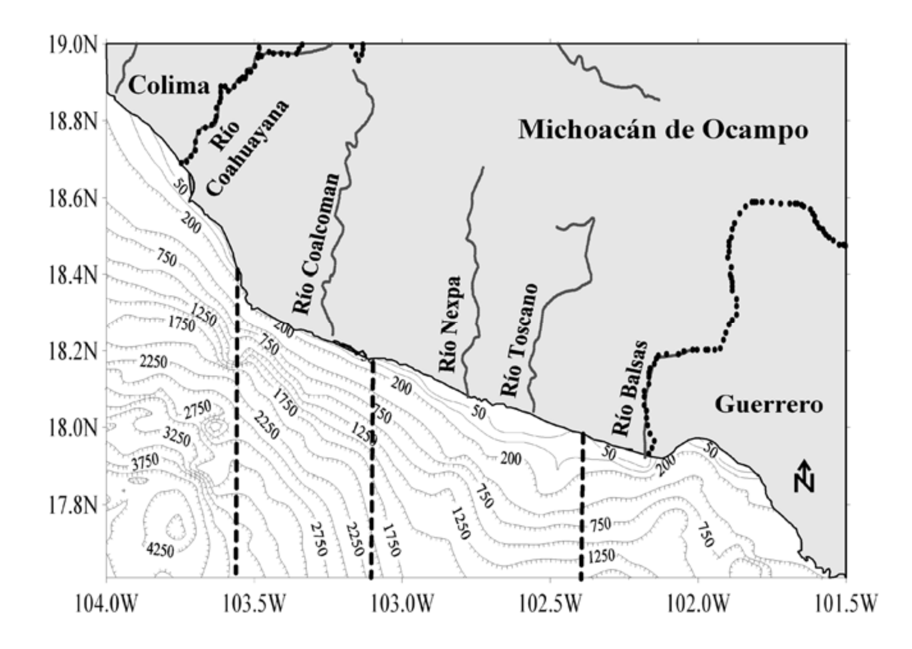


Figura 6.- Perfil batimétrico de la costa michoacana, las líneas punteadas separan las diferentes áreas batimétricas (Tomado de Anislado, 2004).

Masas de agua

Esta costa recibe la influencia de tres corrientes oceánicas: 1) La Norecuatorial del Pacífico, de dirección Sureste-Noreste, 2) La Deriva Costarricense y 3) La Corriente Fría de California, que aporta bajas temperaturas en el Océano y en el ambiente en los meses de abril y mayo (Álvarez, 1977).

Corrientes

González (1987, in Ceballos-Corona, 1988), afirma que las corrientes superficiales varían de mes en mes en el transcurso del año. En septiembre, diciembre febrero y junio la corriente tiene dirección de Sudeste a Norte y en noviembre de Noreste a Sudoeste.

La riqueza de esta área se determina por las descargas de agua dulce del Balsas, Mexcalhuacan (Toscano), Nexpa y Coahuyana, de las aguas profundas de los cañones submarinos, como la Necesidad, El Manglito, el Gasolino y la Zacatosa, así como por las aguas ecuatoriales superficiales. Esta combinación produce una sucesión ecológica estacional mediante las surgencias costeras de abril-mayo de las aguas profundas de la fosa de Petacalco (Gutiérrez-Estrada, 1990; CIBNOR, 1995; Toledo y Bozada, 2002).

Por la zona norte, muy cerca de Caleta de Campos, Ruiz y Girón (1982) observaron dos surgencias costeras, una durante febrero (que es la más importante) y otra en agosto. Este último mes es en el que se da la mayor turbidez (15 cm.) en el área del Río Nexpa, debido a la formación de una pluma muy importante por la descarga de éste río.

Nutrientes

Los pocos trabajos existentes solo reportan datos cercanos a la Bahía de Caleta de Campos. Turcott y Girón (1981) reportan una zona oligotrófica teniendo como factor limitante a los nutrientes. En diciembre la clorofila C domina sobre la A y B, suponiendo que existe una próxima renovación del ciclo de producción primaria, ya que la clorofila A es más abundante que la B.

Lo anterior, se refuerza por la existencia de diatomeas de gran tamaño en la parte costera, lugar donde los valores fitoplanctónicos son elevados (5, 000 a 16, 000 células/litro).

Mientras que en la zona interna de la Bahía es de 37, 000 células/litro, y en la parte oceánica disminuye hasta 700 - 1, 000 células/litro.

Para mayo, Girón (1981) observa una dominica de dinoflagelados y diatomeas, que indican una población madura y de lento crecimiento, aumentan los silicatos disueltos debido a la disminución de diatomeas de gran tamaño, en esta fecha, la producción esta en su parte máxima debido a que el zooplancton esta en la última etapa de sucesión ecológica.

Temperatura superficial del mar

La temperatura superficial del mar se estimo a partir del análisis de los mapas de contornos derivados de la página del Instituto internacional de predicción climática (http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.IGOSS/.nmc/.Reyn_SmithOIv2/.monthly/.sst/) para el polígono de los 18º 3´N y 102º 28´W a los 18º 27´ N y 103º 23´ N

Tabla 2.- Promedio mensual de la temperatura superficial del mar para la zona de pesca de Michoacán.

Mes	TSM (°C)
Enero	25.7
Febrero	26.7
Marzo	26.6
Abril	26.2
Mayo	27.0
Junio	28.6
Julio	28.5
Agosto	29.0
Septiembre	27.6
Octubre	28.0
Noviembre	27.5
Diciembre	27.5

Teacapán, Sinaloa

Perteneciente a la región oceanográfica del Golfo de California y a la provincia biogeográfica Corteziana. Teacapán se localiza en el municipio de Escuinapa en las coordenadas 22º 08´N y 105º 32´ W. La zona de influencia de la flota se encuentra en el polígono de los 23º 45´25´´ N y 106º 05´15´´ W (Boca de Chametla) a los 21º 52´ N y 105º 54´ W (Islas Isabel), situándose ésta área dentro de la isobata de los 200 m (Figura 7).

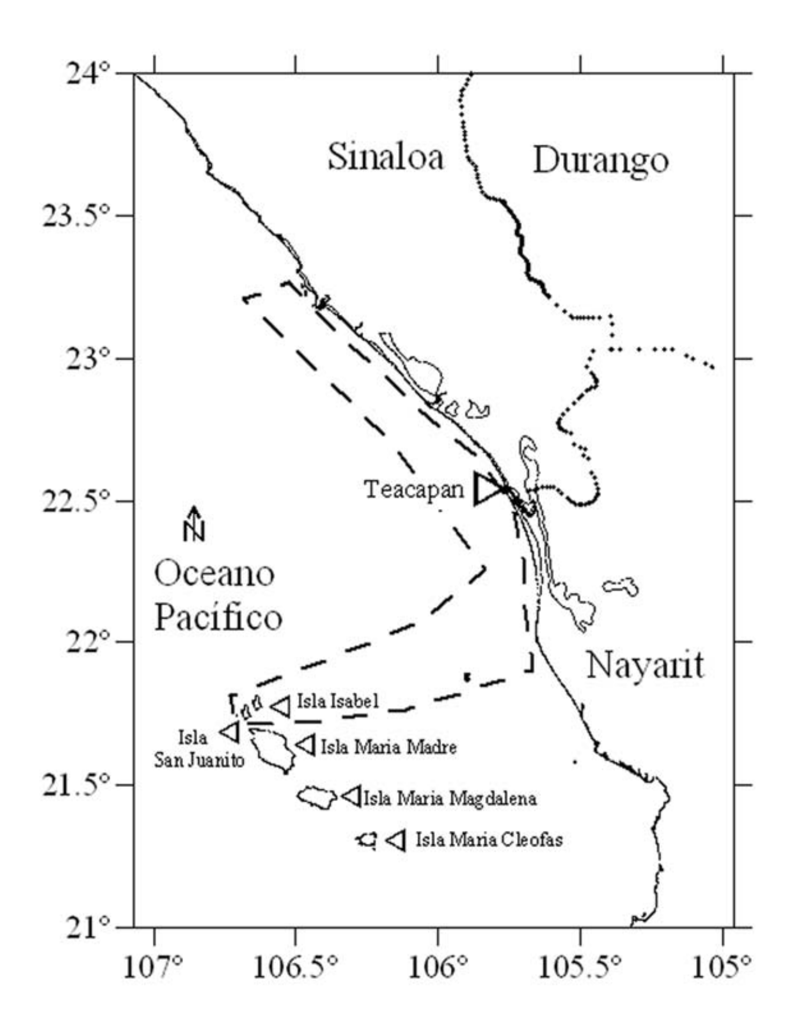


Figura 7.- Área de estudio en Sinaloa. El área punteada es la zona de influencia de la pesquería de Teacapán.

Configuración del fondo

Las profundidades de la zona de influencia pesquera van de los 5 a los 200 m y alcanzan su máxima amplitud al sur frente a las Islas Marías (82 Km.). En el occidente de estas Islas el talud desciende abruptamente de 180 a 2550 m siendo esta la zona norte de la Depresión de las Tres Marías (Pérez-Vivar, 2003)

La plataforma continental es amplia, hasta la isóbata de los 100 m la topografía se comporta de manera regular, aumentando de forma súbita a partir de esta profundidad. Cerca de la Isla Isabel la batimetría es de 50m. De manera general, esta zona presenta una plataforma continental amplia, de posible origen deposicional y con talud moderado.

Masas de agua

En esta zona de muestreo se encuentran solo tres masas de agua debido a que los caladeros de pesca se ubican en la plataforma continental de los 5 a los 200 metros de profundidad, dichas masas son: 1) el agua del Golfo de California; 2) el agua superficial ecuatorial y, 3) el agua de la corriente de California (Pérez-Vivar, 2003). Sin embargo, Escalante-Escobar (2001), mencionan que las masas de agua profundas probablemente se encuentren representadas en verano y en zonas de aflojamientos costeros (Tabla 3).

Tabla 3.- Masas de agua de la entrada del Golfo de California (Tomado de Pérez-Vivar, 2003)

Masas de agua	Salinidad	Temperatura superficial del mar(°C)	Profundidad (m)
Golfo de California	35	12	<150
Superficial ecuatorial	35	18	<150
Corriente de California	34.5	12 a 18	<100
Subsuperficial subtropical	34.5 a 35	9 a 18	150 a 500
Intermedia del Pacífico	34.5 a 34.8	4 a 9	500 a 1200
Profunda del Pacífico	34.5	<4	1200

Corrientes

La circulación general describe un giro anticiclónico superficial en primavera, cuando la circulación exterior del Golfo de California se dirige al sudeste. En verano y otoño el giro se invierte cuando el flujo se presenta hacia el nordeste (Pérez- Vivar, 2003).

Salinidad y temperatura superficial del mar

Pocos datos sobre estos parámetros han sido publicados, para la región del sur de Sinaloa. La temperatura superficial del mar se estimo a partir del análisis de los mapas de contornos derivados de la página del Instituto internacional de predicción climática (http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.IGOSS/.nmc/.Reyn_SmithOIv2/.monthly/.sst/) para el polígono de los 23º 45´25´´ N y 106º 05´15´´ W (Boca de Chametla) a los 21º 52´ N y 105º 54´ W (Islas Isabel) (Piñon-Gimate, 2003) (Tabla 4).

Tabla 4.- Promedio de salinidad y temperatura superficial del mar para la zona de pesca de Teacapán.

Mes	Salinidad	TSM (°C)
Enero	33	23.3
Febrero	34	23.3
Marzo	33	22
Abril	33	23
Mayo	32.5	26
Junio	33.4	28
Julio	33	28.5
Agosto	33	29
Septiembre	35	28.5
Octubre	35	27
Noviembre	34	26
Diciembre	34	24

Nutrientes

La zona es importante por los valores altos de clorofila a. Los valores en la distribución horizontal son mayores en la costa, sin embargo, esta disminuye en el plano vertical contrariamente a lo esperado con respecto a los porcentajes de penetración de la luz, lo que puede ser consecuencia de la amplia plataforma continental que aumenta la velocidad de mezcla de la columna de agua y al aporte de nutrientes (García-Reséndiz, *et al*., 2004).

MATERIAL Y MÉTODOS

Los datos para el desarrollo de este trabajo se colectaron a partir de la pesca comercial de los campamentos pesqueros de Caleta de Campos, Michoacán y de Teacapán, Sinaloa, de enero de 2003 a febrero de 2005. De acuerdo a cada tipo de análisis, se tomaron datos de biometrías, pesos y aspectos reproductivos, además se colectaron muestras biológicas de las vértebras postcervicales para la sección de edad y crecimiento, así como fotografías de la parte ventral cefálica para la sección de la morfometría geométrica

La pesquería de esta especie se realiza por medio de lanchas de fibra de vidrio de 6 a 8 m de eslora, y de 2 a 3 metros de manga. El motor es fuera de borda de 50 a 75 caballos de fuerza. Las artes de pesca utilizadas son redes agalleras de 700 m de largo con 3.5, 4 o 4.5 y 6 pulgadas de abertura de malla. Así también, se utilizan palangres superficiales y de fondo con líneas de 500 a 750 m de largo, y con 300 a 350 anzuelos. Los palangres pueden ser cazoneros o tiburoneros de acuerdo al tamaño y al tipo de anzuelo utilizado. Los palangres cazoneros normalmente se arman con anzuelo noruego del numero 4, y circular del numero 12. Los palangres tiburoneros se arman con anzuelo japonés del numero 3.8 y circular del numero 12 o mas grandes. Particularmente en Michoacán, también se utiliza la red camaronera. Aunque en realidad la pesca de tiburón con este are es solo accidental. Un operación típica de esta pesquería incluye el tendido de las redes agalleras en la tarde y la recuperación al día siguiente antes del medio día. Los palangres, se tienden en la tarde y se dejan trabajando unas 48 horas. Dependiendo de la abundancia de tiburones adultos o juveniles, los viajes se realizan a las 2.5 millas náuticas de la costa (cuando los juveniles

abundan) o hasta las 7 millas (cuando los adultos son abundantes). En Teacapán, los viajes para la captura de adultos pueden ser aun más lejanos, llegando a veces hasta las Islas Marías. El número de embarcaciones por zona de estudio se muestra en la Tabla 1.

TRABAJO DE CAMPO

Biometrías

Para medir la longitud total (LT), la longitud alternativa (LA), y la longitud precaudal (LPC) se utilizó cintas métricas de fibra de vidrio de 150 cm. y 300 cm. de longitud con escala mínima de un centímetro (Figura 8).

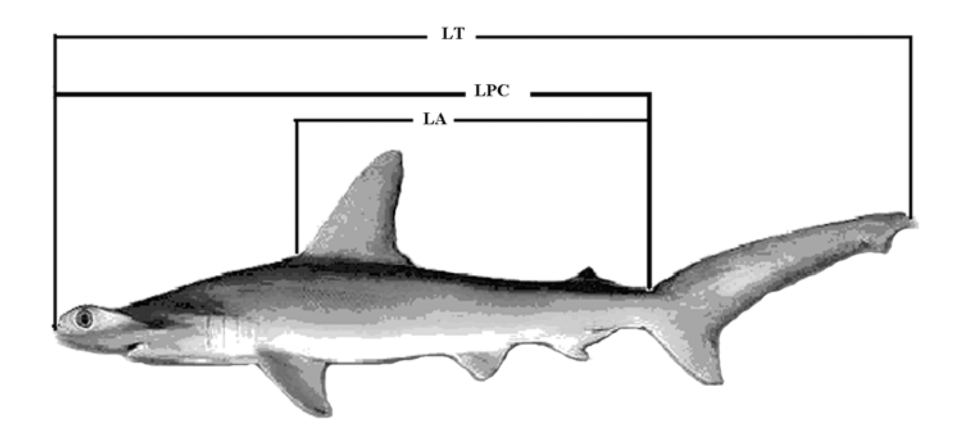


Figura 8.- Biometrías básicas del tiburón martillo (LT = longitud total, LPC = Longitud precaudal y LA = longitud alternativa)

Edad y crecimiento

Para estimar la edad y crecimiento se colectaron la cuarta y quinta vértebra de la zona post-cefálica de los ejemplares. Las vértebras se colectaron con músculo y se conservaron en formol marino al 10% dentro de frascos de PET. Las muestras biológicas se transportaron en cajas de plástico para su procesamiento en el Laboratorio de Ecología de Pesquerías del ICMyL-UNAM.

Relación Longitud-Peso

Los ejemplares fueron pesados con básculas de charola con capacidad de cinco kg y escala de 20 gr. Así también, con básculas de resorte (Ohalaus) de tres kilogramos con escala de 10 gr., basculas de resorte (Tororey) de 15, 25, 50 y 100 kg con divisiones de 500 g.

Aspectos reproductivos

Se obtuvieron datos sexo y estado de madurez según siguiendo los criterios estipulados en la Tabla 5. Para los machos se midió la longitud del mixopterígio. Para hembras se contó el número de embriones (ó cordones umbilicales y cámaras embrionarias) así como el número de machos y hembras de estos embriones.

Tabla 5.- Estados de madurez sexual para los tiburones martillo propuestos para este trabajo.

Etapas madurez	Hembras	Machos
Recién nacido	Individuos con la inserción umbilical abierta y estómago con restos de alimento	Individuos con la inserción umbilical abierta y estómago con restos de alimento.
Juvenil	En la mayoría de los casos los ovocitos no están maduros, el ovario presenta un aspecto granular. La glándula oviducal y el útero no se diferencia del oviducto.	Los mixopterígios más cortos que aletas pélvicas. El testículo muestra una vascularización incipiente. Los conductos eferentes rectos
Inmaduro	La glándula oviducal muestra una forma espiral. Marcas de apareamiento no presentes (consideradas como marcas en las aletas pectorales, en el dorso y con áreas hemorrágicas en las cloacas).	Mixopterígios rígidos. Testículos bien vascularizados de color crema. Conductos eferentes con una forma espiral.
Maduro	La glándula oviducal muestra una forma acorazonada. Ovocitos en útero. Las marcas de apareamiento son evidentes. En hembras con apareamientos múltiples, las marcas de más recientes interrumpen las cicatrices más viejas.	Los mixopterígios muestran la cubierta del rhipidion bien desarrollado y sus componentes se pueden separar. Debido a la calcificación, los mixopterígios pueden ser rotados 180º en su base, en a veces los mixopterígios muestran moretones en su parte distal como señal de apareamiento. Testículos engrosados, color crema. Conductos eferentes con forma espiral. Semen visible en las conductos eferentes de los mixopterígios y en las vesículas seminales
Preñada	Útero con embriones, en las hembras abortivas los restos placentarios está en el útero, y el útero es flácido y hemorrágico	

Para cada individuo se midieron las siguientes longitudes: longitud precaudal (LPC); longitud furcal (LF); longitud total (LT); longitud alternativa (LA), longitud del mixopterígio (MXP); peso total (PT), peso eviscerado (PE), Longitud total de los

embriones; además del sexo del ejemplar y de los embriones cuando estén presentes, así como el número de hembras y machos de estos último.

Toma de fotografías para el análisis de la morfometría geométrica

En ambas localidades se fotografiaron a los especimenes que se desembarcaron enteros. Las fotografías constaron de una toma de la parte ventral de la cabeza y aletas pectorales, los datos para las fotografías fueron: localidad, fecha, longitud total, sexo y clave en los formatos generales de muestreo. La cámara utilizada fue una KODAD semi-manual de 35 mm La película fotográfica usada fue ASA-400 a una distancia de 50 cm. usando una escala de 15 cm a un lado para su posterior análisis.

TRABAJO DE LABORATORIO

Muestra de vértebras para determinar edad y crecimiento

Se utilizaron tres técnicas de observación de los anillos de crecimiento: al natural, teñida con cristal violeta al 0.01% y con rojo de alizarina. En los tres casos se cortaron las vértebras de manera trasversal (Figura 9), siguiendo el siguiente procedimiento:

1. Remoción del músculo, el arco neural y el arco hemal con un cuchillo tratando de no dañar la vértebra y separando cada una de las vértebras.
2. Enjuague con agua corriente durante periodos de cinco a 15 minutos

3. Remoción del tejido conectivo con hipoclorito de sodio al 5.6 % durante 5 minutos a 12 horas según el tamaño (Bonfil *et al*., 1993) con uno o dos cambios
4. Corte transversal con una segueta de calado manual para acero y pulidas progresivamente con lijas de agua del número 200, 300, 400, 600, 800 y 1000
5. Enjuague con agua destilada por 10 minutos y proceder a la tinción.

Para la tinción de cristal violeta se uso la técnica propuesta por (Schwartz, 1983) y modificada por Anislado y Robinson (2001):

Tinción de 10 a 15 minutos en la solución de cristal violeta al 0.01%

Remoción el exceso de colorante usando isopropanol al 50% por menos de un minuto

Observar con un secado de 10 a 20 minutos

Para la tinción de rojo de alizarina se uso la técnica propuesta por LaMarca (1966)

Soluciones:

Solución A.- 100 ml de Tinción de rojo de alizarina

10 ml de solución acuosa saturada de rojo de alizarina

90 ml de solución acuosa de Hidróxido de sodio al 0.1 %

Solución B.- Agua oxigenada al 3 % (11 volúmenes)

Agua corriente

Procedimiento:

1. Teñir de 1 a 5 minutos en la solución A
2. Lavado con agua corriente por diez minutos

3. Diferenciación con B
4. Observar con un secado de 10 a 20 minutos

Las imágenes de vértebras fueron capturadas en formato digital con un escáner, usando la calidad alta, aumento de 300 veces y a 300 dpi teniendo como referencia una escala de 0.1 cm.

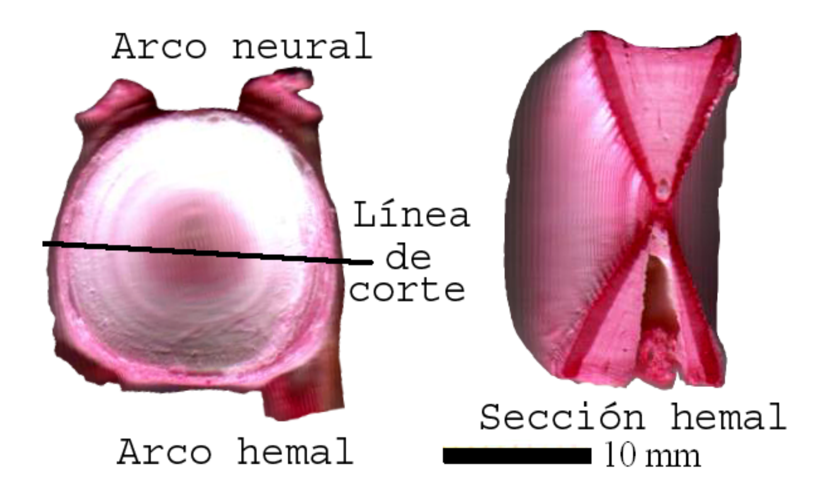


Figura 9.- Aspecto de una vértebra entera y otra preparada para la lectura de anillos de crecimiento.

TRABAJO DE GABINETE

Biometrías

Se determinó el mejor modelo para explicar la relación de la longitud total (LT) con respecto a la longitud, alternativa (LA) y a la longitud precaudal (Lpc). Así también se

exploró la significancia del modelo en cuanto a sexos y localidades de acuerdo a las siguientes hipótesis nulas:

H_0.- Las relaciones biométricas ente las longitudes no difieren entre los sexos.

H_0.- Las relaciones biométricas entre las longitudes no difieren entre las localidades.

Para el análisis de estas hipótesis se utilizo el análisis de varianza (ANOVA) de dos vías para las pendientes y ordenadas al origen de las funciones linealizadas.

Una vez obtenidos los modelos, se utilizaron para recuperar los datos de la longitud total (LT) de los ejemplares que fueron desemb6arcados ya eviscerados.

Edad y crecimiento

Conteo de anillos

Se observaron y se contaron por triplicado con diferentes lectores el número de anillos de la vértebra para la determinación de la edad utilizando el programa Adobe Photoshop Ver 7.7, con el cual se incorporo una marca sobre cada anillo.

Las estimaciones de edad se basan en que los anillos de crecimiento puedan ser identificados y contados. Es importante hacer notar que puede ocurrir que las lecturas llevan implícita variabilidad entre ellas, misma que puede estar dada entre lectores, lecturas, entre estructuras para determinar la edad o entre instituciones de investigación. La

variabilidad puede depender también de la variabilidad propia del individuo (Acuña *et al*., 2001).

Para delimitar la eficiencia de las tinciones se evaluó el porcentaje de las vértebras que se pudieron leer. De manera gráfica se usó la propuesta de Goldman (2004) graficando las lecturas de los lectores 2 y 3 contra la lectura del lector 1 y trazando una recta de 45° a través del origen donde se espera que los puntos sean cercanos a dicha recta, (Campana *et al.,*. 1995; Hoenig *et al.,* 1995, Evans y Hoenig, 1998). Otra técnica de evaluación es ajustar los puntos a una recta que debe de poseer valores de la pendiente cercana a uno y de ordenada cercana a cero.

Otra evaluación del las lecturas se basó aplicando la prueba isométrica de la Chi-cuadrada (McNemar, 1947) usando los valores de los lectores 2 y 3 con respecto al lector 1 (Evans y Hoenig, 1998), de acuerdo a las siguientes consideraciones:

1.- Se consideran dos categorías (concordancia y no concordancia) y dos eventos (lector 1 y lector 2) para evaluar un grupo (lector 1).

2.-La hipótesis nula (H_0) es definida en función del ajuste de un lector (lector 1) a través de dos eventos (lector 2 y 3)

3.- La concordancia se codificaran como *1* y la no concordancia como *0* de tal manera que se tendrán cuatro combinaciones, a) cuando no exista concordancia con los lectores 2 y 3 se codifica como *OO*, b) cuando exista concordancia con los lectores 2 y 3 se codifica como *11*, c) cuando no exista concordancia con el lector 2 pero si con el lector 3 se codifica como

01, d) cuando exista concordancia con el lector 2 pero no con el lector 3 se codifica como *10*.

Para establecer la precisión de las lecturas y de los métodos de realzamiento de los anillos se utilizo primeramente el índice promedio de concordancia entre lecturas el índice promedio del error (IPE) de Beamish y Fournier (1981).

$$\mathrm{IPE} = 100\left\{\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}\left[\frac{1}{R}\sum_{i=1}^{R}\frac{\left|X_{ij}-X_{j}\right|}{X_{j}}\right]\right\}$$

Donde X_{ij} es el número de anillos del pez j contados por el lector i, y X_j es el promedio del número de anillos contados en el pez j, R es el número de lectores y N es el número de vértebras analizadas.

Así mismo se estimo el promedio del coeficiente de variación entre las lecturas (CV) y el promedio del índice de precisión (D) propuesto por Chang (1982).

$$\boldsymbol{CV_j = 100\left\{\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{R}\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{R}\left(X_{ij}-X_{j}\right)^{2}}{R(R-1)}}}{X_{j}}\right\}}$$

$$D_j = \frac{CV}{\sqrt{R}}$$

Medición de los anillos de crecimiento

La medición se realizo utilizando la técnica de tinción que mejor resultado dio con respecto a los análisis del conteo de anillos, para lo cual se ocupo el programa UTHSCSA ImageTool Ver. 3 alpha (Departamento de Diagnostico Científico Dental y Centro de Ciencias de la Salud de la Universidad de Texas: http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/itdesc.html). Las mediciones se realizaron paralelos al margen vertebral (normalmente llamado *Corpus calcareum*, Cc) en la región dorsal derecha. En esta región se realizaron las mediciones del radio vertebral (R); r_i que es la distancia del foco (F) al borde inferior de cada anillo; r_n que es la distancia del foco al borde inferior del último anillo, entendiéndose como foco al origen de la vértebra (Figura 10).

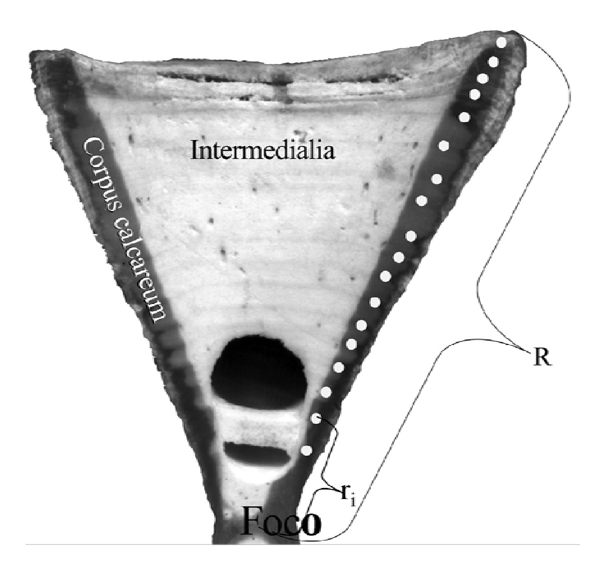


Figura 10.- Esquema de una vértebra de *S. lewini* cortada para las mediciones de anillo.; R, radio vertebral y r_n, distancia del foco al anillo (hembra de 262 cm LT)

Análisis del incremento marginal

Para validar la periodicidad de la formación de los anillos de crecimiento, se uso el análisis del incremento marginal (IM) propuesto por Lai y Liu (1979), que es estimado por la función

$$IM = \frac{R - r_n}{r_n - r_{n-1}}$$

Donde IM es el incremento marginal, R es el radio vertebral, r_n y r_{n-1} son la distancia del foco vertebral al último y penúltimo anillo respectivamente. La distribución de la frecuencia del IM se graficó para cada mes de muestreo. Se definió la formación de los anillos cuando el promedio de esta distribución es menor que en otros meses o cuando se encuentre la mayor dispersión de los IM (Prince y Pulos, 1983).

Por otro lado y como una medida de validar el incremento marginal se utilizó la clasificación de la zona marginal propuesta de Ferreira y Vooren (1991): Pre-anillo.- consiste en una zona amplia y poco calcificada, Anillo.- Consistente en una zona de mayor calcificación y Post-anillo.- Consistente en una zona estrecha de menor calcificación.

Los periodos de formación de anillos se correlacionaron con las temperaturas superficiales promedio de cada mes.

Relación isométrica del radio vertebral y la longitud total

Para constatar si la vértebra es la adecuada para el análisis del retrocálculo se realizó la prueba de isometría entre el radio vertebral y la longitud total de acuerdo a la función:

$$R = aLT^{b}$$

Donde R es el radio vertebral, a la ordenada al origen, LT la longitud total y b la pendiente que debe de ser igual o cercana a uno. La justificación teórica de esta relación es que cuando se cumple la isometría la función potencia generada es una ecuación *sui generis* de una recta con ordenada cero lo que indica que: a cero estructura cero pez. La comparación de estas curvas con respecto a la ecuación isométrica forzada se realizó usando la modificación para curvas no lineales propuesta por Chen *et al*., (1991) para el análisis de la suma cuadrática residual (Zar, 1999), que es utilizado para la evaluar la coincidencia de dos o más regresiones (Haddon, 2001), la formula resumida es la siguiente:

$$F = \left| \frac{\dfrac{\left(SCR_M - \sum SCR_i\right)}{3(K-1)}}{\dfrac{\sum SCR_i}{N-3K}} \right|$$

Donde F es el valor estadístico con 3(K-1) y (N-3K) grados de libertad, K es el número de curvas a comparar, N es e total de datos o el tamaño de muestra mancomunada, SCR_M es la suma de cuadrados residuales de la ECVB mancomunada, $\sum SCR_i$ es la sumatoria de la

suma de cuadrados residuales de las curvas a comparar. El valor obtenido de F es comparado con el valor de la tabla de F de Fisher.

Retrocálculo

El análisis retrospectivo o retrocálculo es una técnica que permite utilizar esa información para estimar longitudes corporales en edades o etapas previas de la historia de vida a través de relaciones entre mediciones realizadas en la estructura dura y las dimensiones del pez (Araya y Cubillos, 2001).

Los modelos de retrocálculo usados en este trabajo asumen que el crecimiento del pez en relación con la estructura dura a usar es proporcional (Francis, 1990). Algunos modelos lineales y no lineales de retrocálculo se basan en ese supuesto siguiendo las siguientes formulas:

$R = a_1 + b_1 LT$ 1

$LT = a_2 + b_2 R$ 2

$R = a_3 LT^{b_3}$ 3

$LT = a_4 R^{b_4}$ 4

Donde R es el radio de la estructura dura, LT es la longitud total del pez, a es la ordenada y b la pendiente de las ecuaciones donde el número del subíndice indica el número de la formula anteriores.

Hipótesis de la proporcionalidad de la estructura dura (SPH, Scale-proportional Hypothesis, en ingles):

$$L_i = -\frac{a_1}{b_1} + \left(L_c + \frac{a_1}{b_1} \right) \frac{r_i}{R}$$

Hipótesis de la proporcionalidad de la longitud (BPH, Body-proportinal Hipótesis, en ingles):

$$L_i = \frac{a_2 + d_2 r_i}{a_2 + d_2 R} L_c$$

Modelo de Fraser-Lee:

$$L_i = a_2 + (L_c - a_2)\left(\frac{r_i}{R} \right)$$

Hipótesis de la proporcionalidad no lineal de la estructura dura (non linear SPH, en ingles)

$$L_i = \left(\frac{r_i}{R} \right)^{\frac{1}{b_3}} L_c$$

Hipótesis de la proporcionalidad no lineal del cuerpo (non Linear BPH):

$$L_i = \left(\frac{r_i}{R}\right)^{b_4} L_c$$

Donde L_i es la longitud retrocalculáda al anillo i, L_c es la longitud del pez al momento de la captura.

En este estudio se propone como un método de selección del modelo de retrocálculo el análisis del coeficiente de variación (CV) de cada edad estimada en función del valor más alto de la máxima verosimilitud (*V*), de acuerdo a la siguiente función (Haddon, 2001):

$$V_{(CV,\overline{CV},s_{cv})} = \prod_{i=1}^{n} \frac{1}{s_{cv}\sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{(CV-\overline{CV})^2}{2s_{CV}^2}\right)}$$

Donde V es la verosimilitud, s_{cv} es la desviación estándar de CV, y $\overline{CV}$ es el promedio de los coeficientes de variación.

El criterio usado para dicha selección se basa principalmente en que el CV es una de las medidas de dispersión fácilmente de obtener, y además representa el porcentaje de error dentro de la distribución normal de los datos (Sokal y Rolf, 1995; Weimer, 1996). Dentro de los resultados del retrocálculo cada grupo de edad estimado presenta diferentes valores de CV por lo que es difícil compararlas por medio de pruebas pareadas de comparación, por

lo que el uso del análisis de máxima verosimilitud es adecuado ya que el valor obtenido representa una medida de la normalidad en una serie de datos de razón (Haddon, 2001).

Estimación de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy

La ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (1938) (ECVB) en su mínima expresión es:

$$LT = L_{\infty}(1 - e^{-k(t - t_0)})$$

Donde LT es la longitud a la edad t, L_{∞} es la posible longitud máxima que el pez puede alcanzar, k es la constante metabólica o mejor conocida como constante de crecimiento, t es la edad y t_0 es la edad hipotética en la que la longitud del pez es cero, siendo este último solo un parámetro de ajuste.

De manera preeliminar L_{∞} fue estimada por el método de Chapman (1961) y Gulland (1969) por medio de:

$$LT_{(i+1)} - LT_i = a + bLT_i$$

Donde $LT_{(i+1)}$ es la longitud total al tiempo i+1, a es la ordenada al origen, b es la pendiente, resumiendo se tiene que:

$$L_{\infty} = \frac{a}{b}$$

k y t_0 fueron calculados por el método de Gulland y Holt (1959), por medio de:

$$\ln(1-\left(\frac{L_\infty}{LT_t}\right)=\ln(a)+bt$$

Despejando:

$$k=-b \text{ y } t_0=\frac{\ln(a)}{-b}$$

Los valores de los parámetros se refinaron usando el criterio del ajuste de la máxima verosimilitud (Haddon, 2001), de acuerdo a la siguiente función:

$$V_{(L_o,\hat{L},s)}=-\sum_{i=1}^{n}-\log\left(\frac{1}{s\sqrt{2\pi}}e^{-\left(\frac{(L_o-\hat{L})^2}{2s^2}\right)}\right)$$

Donde V es la máxima verosimilitud, L_o es la longitud observada y $\hat{L}$ es la longitud ajustad por la ECVB, s es la desviación estándar de las longitudes observadas. Los valores refinados de L_∞, k y t_0 se obtienen iterándolos hasta encontrar el valor máximo posible de V y que coincidiera con los datos biológicos de la especie.

La comparación de las curvas de crecimiento

La comparación de curvas de crecimiento entre sexos y entre localidades se realizó usando la modificación para curvas no lineales propuesta por Chen *et al*., (1991) para el análisis de la suma cuadrática residual (Zar, 1995), que es utilizado para la evaluar la coincidencia de dos o más regresiones (Haddon, 2001).

Estimación del índice de crecimiento estándar ϕ'

Como criterio para comparar diferentes estimaciones de crecimiento, se utilizó el índice de crecimiento estándar (ϕ’) (Munro y Pauly 1983, Pauly y Munro 1984), el cual proporciona un parámetro unificado de crecimiento y no muestra variaciones marcadas como L_∞ y k en forma individual (Defeo *et al*., 1992, Leonce-Valencia y Defeo 1997).

$$\phi' = \log k + 2 \log L_\infty$$

El intervalo estadístico de los valores obtenidos se estimó de acuerdo al análisis del intervalo de tolerancia, este análisis se basa en encontrar una magnitud (intervalo) en la población donde estadísticamente se encuentre el valor de la media muestreal, dicha magnitud será mayor a la que se determina por los límites de confianza de la muestra y se denomina limites de tolerancia (Marques, 1991) y se define por la función siguiente:

$$\overline{X} \pm Ks$$

Donde $\overline{X}$ es el promedio de los valores, s es la desviación estándar y , K es el valor de la tabla de factores para los límites de tolerancia bilaterales para la distribución normal de acuerdo a una proporción poblacional Π (en este caso 0.99) con un nivel de confianza de 1-α (en este caso 0.95) y n número de datos.

Relación peso-longitud

Esta relación se determinó a través de una función potencial entre el peso (P) y la longitud (L):

$$P = aL^b$$

Donde a es la ordenada al origen y b es la pendiente que en caso de haber isometría tendrá un valor de tres. Debido a que en los análisis del rendimiento por recluta el valor de debe de ser isométrico (Sparre y Venema, 1997) se evaluó la isometría de la pendiente obtenida se determinó comparando la curva estimada en primera instancia con la curva ajustada a una pendiente de valor 3. La comparación de estas curvas con respecto a la ecuación isométrica forzada se realizó usando la modificación para curvas no lineales propuesta por Chen *et al*., (1991) para el análisis de la suma cuadrática residual (Zar, 1995), que es utilizado para la evaluar la coincidencia de dos o más regresiones (Haddon, 2001). Con la función anterior se comparo también las curvas entre hembras y machos.

Relación del peso con la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy

Combinando la ecuación de la relación peso-longitud con la ECVB se obtiene de manera resumida la ecuación de crecimiento en peso y edad (Sparre y Vannema, 1997):

$$P_t = P_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})^b$$

Donde P_t es el peso en función de la edad, P_∞ es el peso infinito o peso máximo teórico que pueden alcanzar los organismos de la especie, k y t_0 son los parámetros de la ECVB para la longitud, b es la pendiente de la relación potencial del peso-longitud y que por conveniencia se acepta como tres.

La comparación de estas curvas entre sexos se realizo usando la modificación para curvas no lineales propuesta por Chen *et al*., (1991) para el análisis de la suma cuadrática residual (Zar, 1995), que es utilizado para la evaluar la coincidencia de dos o más regresiones (Haddon, 2001).

Aspectos reproductivos

Proporción hembras - machos

La proporción entre hembras y machos fue estimada durante cada muestreo realizado y en el total.

Madurez sexual

La longitud en la primera madurez (L_{PMS}) se determinó a través del análisis de la los estados de madurez sexual de los ejemplares muestreados. Para los machos esta longitud es muy cercana al punto de inflexión de la función logística ente la proporción de la longitud del mixopterígio (Mix) respecto a la longitud total (LT). En las hembras al punto de inflexión en la curva de tendencia de la relación de la longitud total y los estados de madurez (Guvanov, 1978). Para las hembras, se utilizó además el modelo empírico de Grimes (1987).

$$L_{PMS} = 44.73 + 0.424 L_{\infty}$$

Talla al nacer

El tamaño al nacer se determinó mediante de la longitud total de crías neonatas con la inserción umbilical fresca y totalmente abierta, distinguiéndolos de los embriones uterinos más grandes (embriones a termino o nonatos) por restos alimentarios en sus estómagos. La prueba estadística usada fue la prueba de Kolmorogov-Smirnov para la comparación de las distribuciones de dos muestras. En este caso, la de tallas de los neonatos y de la talla de los embriones terminales (Siegel, 1995). De manera gráfica se delimitó la talla de nacimiento considerando que los embriones están en la fase terminal por lo que sus tallas son las mínimas de posible nacimiento y la talla máxima de nacimiento se da cuando se sobrelapan las tallas de los nonatos y de los neonatos.

Fecundidad

La fecundidad es considerada como el número de crías por parto (Castro, 1993). También es expresada como la relación entre la longitud total de la madre y la cantidad de embriones (Bagenal 1966, Gunderson *et al*., 1980). Para encontrar posibles estrategias de crecimiento embrionario compensatorio se analizó la relación entre la talla de las crías y la talla de la madre.

Los diferentes números de crías por parto se analizaron con la prueba de Dixon (Kanji, 1999) para encontrar datos aberrantes:

$$r = \frac{X_2 - X_1}{X_n - X_1} \qquad \text{si } 3 \le n \le 7$$

Para encontrar el intervalo del número de crías por parto posibles de encontrar en la población se utilizo el análisis del intervalo de tolerancia (Marques, 1991)

Para estimar la proporción sexual de los embriones y debido a que las hembras sufren abortos por el traumatismo de la captura (Anislado, 2000), se utilizó la prueba de Kolmorogov-Smirnov para la comparar las distribuciones de dos muestras, en este caso entre machos y hembras, además de aplicar la prueba de Dixon (Kanji, 1999) para excluir los valores extremos de la proporción sexual estimada de la muestra a fin de encontrar la

proporción sexual estadísticamente más confiable. Así también, estimó la relación entre la longitud de los embriones terminales y la longitud de la madre.

Periodo de gestación, temporada de apareamiento y partos

La distribución temporal de las longitudes totales y las estados de madurez fueron usadas para estimar el tiempo de gestación, la temporada de apareamientos y temporada de partos (Olsen, 1954; Springer, 1967; Castro, 1993; Crow *et al*., 1996), correlacionándolas con el valor promedio mensual de las temperaturas superficiales del mar.

Análisis de la efectividad y selectividad de captura para las diferentes artes de pesca (redes agalleras y palangres)

Efectividad de las artes

La efectividad de las artes de pesca a la especies se consideró como la proporción de los lances positivos (positivo = cuando al menos un tiburón martillo fue capturado) en relación del total de lances (un lance = tendido y levantado del arte) para cada arte de pesca. Este análisis permite delimitar que artes de pesca son los que se orientan a la captura de la especie y cuales presentan capturas incidentales. Los meses de uso de las artes de pesca durante los muestreos indican de manera indirecta la incidencia sobre el recurso

Selectividad de las artes de pesca a la talla de captura

La selectividad se estimó usando las seudo-ojivas de la frecuencia relativa acumulada de las capturas (Guerra y Sánchez, 1998) de acuerdo a la siguiente función logística:

$$FRA = \frac{1}{1 + e^{a + bL'}}$$

Donde FRA es la frecuencia relativa acumulada de las tallas capturadas, L´ es el pivote del intervalo de tallas, que en este caso es de cinco centímetros, a ordenada al origen (a) y la pendiente (b).

La longitud de reclutamiento (L_{pc}) es considerada como la longitud al 25% de las capturas acumuladas. La longitud promedio de captura (L_{mc}) es igual a la longitud al 50% de las capturas acumuladas, y la longitud máxima (L_{maxc}) bien representada en la captura se considera como la longitud al 75% de las capturas acumuladas. El intervalo de capturas va de la longitud al 25% hasta la longitud al 75% de las capturas acumuladas. La forma de estimar estas longitudes a partir de la función logística se resume en las siguientes funciones:

$$L_{25\%} = L_{pc} = \frac{a - \ln 3}{-b}$$
$$L_{50\%} = L_{mc} = \frac{a}{-b}$$
$$L_{75\%} = L_{\max c} = \frac{a + \ln 3}{-b}$$

Calculo de mortalidad e índices de explotación

Mortalidad Total (Z)

La mortalidad total se estimó a través de las curvas de captura usando el modelo de Baranov (1918). Este modelo considera a las abundancias en las capturas como un reflejo de la abundancia dentro de la población, por lo que la relación de la frecuencia absoluta (*n*) con las clases de edad de los organismos será

$$n = ae^{-bt}$$

Donde n es el número de organismos, a es la ordenada al origen, b = -Z y t es la edad.

Las edades se estimaron directamente de las tallas de captura con las ecuaciones de crecimiento correspondientes a hembras y machos. En la tabla de captura por edades se integraron ambos sexos. Para estimar la variación estándar de Z se estimó la varianza en la distribución normal de la curva de captura y se aplicó el modelo de re-muestreo de Montecarlo (Haddon, 2001).

Mortalidad natural (M)

Tomando en cuenta la recomendación de Vetter (1988), se usaron 12 diferentes modelos para la mortalidad natural (M) que incorporan datos ambientales y de la historia de vida. Tal es el caso del modelo propuesto por Taylor (1958), donde se usa la longevidad teórica

máxima ($t_{95\%}$) que puede alcanzar la especie, como parámetro decisivo y el cual se sintetiza en las funciones:

$$t_{95\%} = \frac{\ln 0.05}{-k} + t_0$$

$$M = \frac{2.9957}{t_{95\%}}$$

Donde k y t_0 son parámetros de la ECVB.

Otro modelo que aprovecha la $t_{95\%}$ es el Tanaka (1960):

$$M = \frac{3}{t_{95\%}}$$

Uno de los modelos que utiliza la edad máxima observada en la muestra ($t_{max.obs.}$) es el propuesto por Alverson y Carney (1975) y que se resume de la siguiente forma:

$$M = \frac{3k}{\left(e^{\left(0.25 t_{max.obs} k\right)}\right) - 1}$$

El modelo de Rikhter y Efanov (1976) también fue utilizado. Este modelo usa la correlación del inverso de la edad de madurez sexual, en función del exponente alométrico 0.72, obtenido en la exploración de varios stocks pesqueros, y de la mortalidad natural expresándose como:

$$M = \frac{1.52}{t_m^{0.72}} - 0.155$$

Donde tm es la edad en la que el 50% de la población esta madura sexualmente

Pauly (1980) propone dos ecuaciones empíricas basada en el análisis de 175 stocks de peces relacionando la temperatura promedio anual del agua, que en muchos casos se propone como la superficial del mar, los modelos son los siguientes:

$$LogM = -0.0066. - 0.279 LogL_{\infty} + 0.6543 Logk + 0.463 Log\overline{T}$$
$$LogM = -0.2107 - 0.0824 LogP_{\infty} + 0.6757 Logk + 0.4687 Log\overline{T}$$

Donde L_{∞}, P_{∞}, k y t_0 son parámetros de la ECVB y $\overline{T}$ es la temperatura promedio anual superficial del mar en grados centígrados.

Es importante notar que esta estimación de mortalidad ha sido utilizada en varios trabajos (Hoening y Gruber, 1990; Anderson, 1990; Castillo, 1990; Cailliet, 1992; Cailliet *et al.,* 1992; Cortés, 1995; Mendizábal, 1995; Sminkey y Musick, 1996, Castillo *et al.,* 1996, Castillo y Márquez, 1996).

La mortalidad natural propuesta por Hoening (1983), se basa en la regresión exponencial de edad máxima encontrada en las pesquerías contra la mortalidad natural de 84 stocks de 53 especies de peces, proporcionando la formula empírica siguiente:

$$\ln Z \approx \ln M = -1.01 \ln t_{max} + 1.46$$

Donde t_{max} es la edad máxima observada en el muestreo.

Roff (1984) propone el uso de la edad de madurez sexual de los organismos en la siguiente función:

$$M = \frac{3ke^{-kT}}{1 - e^{-kT}}$$

Donde T es la edad optima de madurez sexual o la edad de primera madurez sexual de la especie o de uno de los sexos de la población.

Dentro de este mismo trabajo, Roff (1984) realiza un análisis de la ecuación de Pauly (1980) generando la siguiente función:

$$LogM = Log3 + LogL_{\infty} + Logk + Log\left(1 - \frac{L_{pms}}{L_{\infty}}\right) - LogL_{pms}$$

Donde L_{pms} es la longitud de primera madurez sexual.

Charvanov y Berrigan (1990) propone la función siguiente:

$$M = \frac{1.65}{T}$$

Jensen (1996) también propone una ecuación empírica sencilla que se expresa de la siguiente manera:

$$M = 1.6k$$

Uno de los modelos más actuales es el que presentan Frisk *et al.*, (2001), donde proponen para los tiburones del orden Carcharhiniformes el modelo siguiente:

$$LnM = 0.19Lnk - 1.25$$

Para minimizar la dispersión de los valores de la mortalidad natural se aplicó el análisis de re-muestreo por medio del método de Montecarlo para la distribución normal inversa (Haddon, 2001).

Las comparaciones de la tasa de mortalidad natural se realizaron mediante el ANOVA de una vía para los valores re-muestreados.

Mortalidad por pesca (F)

La mortalidad por pesca (F) se estimó mediante la sustracción de la mortalidad natural de la mortalidad total (Baranov, 1918; Beverton y Holt, 1956; 1957; Gulland, 1971; Ssentongo y Larkin, 1973; Ricker, 1975; Wetherall *et al*., 1987).

$$F = Z - M$$

Índice de explotación (E)

El índice de explotación (E) se calculó de acuerdo a la propuesta de Gulland (1971) cuya función es:

$$E = \frac{F}{Z}$$

Rendimiento por recluta

Para la determinación del rendimiento por reclutamiento se utilizó el modelo de Beverton y Holt (1957) realizando los diagramas de contornos, según la función:

$$\frac{Y}{R} = P_{\infty} F e^{-M(t_c - t_r)} \sum_{j=0}^{3} \Omega \left(\frac{e^{-jk(t_c - t_o)}}{F + M + jk} \right) \left[1 - e^{-(F+M+jk)(t_L - t_c)} \right]$$

Donde Y/R es el rendimiento por recluta es decir los kilos que aporta a la pesquería cada pez que ingresa al área de pesca; P_∞ es el peso máximo estimado; t_r es la edad de entrada al área de pesca; Ω = 1; -3; 3; -1; j = 0, 1, 2, 3; to y k son parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (ECVB); y t_L es la edad máxima observada.

Para obtener un punto estratégico de regulación basado en las propuestas de los puntos de referencia biológicos (PRB) se utilizó la proposición de Gulland y Boerema (1973) y utilizando la metodología de Anthony (1982) para la estrategia $F_{0.1,}$ que estrictamente se define como el esfuerzo menor al del RMS, permitiendo estar abajo del umbral de incertidumbre que este provoca (Deriso, 1987). Éste PRB se basa en obtener una recta con un ángulo del 10% de la recta perpendicular a la parte ascendente la curva de la relación Y/R y F, la recta de ángulo 10% debe de interceptar la curva Y/R - F.

Análisis demográfico

Para el análisis demográfico se utilizó el modelo matricial de clases de edad para censos post-parto (Caswell, 2001), a partir de la siguiente tabla (Tabla 6)

Tabla 6.- Esquema de la base de datos para el análisis demográfico a través de la matriz de Leslie (Leslie, 1954)

X (años)	I	l_x	m_x	P_i (posparto)	F_i
0		1 (constante)	m_0	---	---
1	1	e^{-Z*1}	m_1	$\frac{l_1}{l_0}$	P_1*m_1
2	2	e^{-Z*2}	m_2	$\frac{l_2}{l_1}$	P_2*m_2
:	:	:	:	:	:
N	3	e^{-Z*n}	m_3	$\frac{l_n}{l_{n-1}}$	P_n*m_n

Donde X es la edad, i es el intervalo de la edad X_j a la edad X_{j+1}, l_x es la sobrevivencia a la edad X, Z es la mortalidad compuesta por la suma de la mortalidad natural (M) y la mortalidad por pesca (F), m_x es la fecundidad definida como el número de hembras producidas en cada parto por hembra, P_i es la probabilidad de sobrevivencia en el intervalo de edad i, y F_i es la fertilidad al intervalo de edad i. A partir de la Tabla 7 se genera la siguiente matriz de proyección.

$$A = \begin{bmatrix} F_1 & F_2 & \cdots & \cdots & F_i \\ P_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & P_2 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_j & 0 \end{bmatrix}$$

Para calcular la tasa finita de crecimiento poblacional (λ), definido en la solución matricial como el valor positivo más alto de los valores característicos (eigenvalues) se iterar λ_1 de tal forma que cumpla la siguiente función:

$$1 = F_i \lambda_1^{-i} \left(\prod_{j=1}^{i-1} P_j \right) = F_1 \lambda_1^{-1} + F_2 \lambda_1^{-2} P_1 + F_3 \lambda_1^{-3} P_1 P_2 + \cdots + F_n \lambda_1^{-n} P_1 \ldots P_{n-1}$$

y se calcula la tasa intrínseca de crecimiento poblacional

$r = \ln \lambda_1$

La tasa neta reproductiva (R_0) definida como el número esperado de hijas productivas producidas por una hembra a lo largo de su vida, se estimó de acuerdo a la siguiente función matricial:

$$R_0 = \sum_{i=1}^{\infty} F_i \left(\prod_{j=1}^{i-1} P_j \right) = F_1 P_1 + F_2 P_1 P_2 + \cdots + F_n P_1 \ldots P_{n-1}$$

El tiempo generacional (T), que se define como el tiempo transcurrido a partir del nacimiento de los padres al nacimiento de los hijos, se obtuvo de acuerdo a la función

$$T = \frac{\ln R_0}{\ln \lambda}$$

La edad promedio de los padres de una cohorte (μ_1) se estimo con la siguiente función:

$$\mu_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} iF_i \left(\prod_{j=1}^{i-1} P_j \right)}{\sum_{i=1}^{n} F_i \left(\prod_{j=1}^{i-1} P_j \right)} = \frac{F_1 + 2F_2P_1 + 3F_3P_1P_2 + ... + nF_nP_1P_2...........P_{n-1}}{R_0}$$

Para estimar el tiempo teórico de la duplicidad del tamaño poblacional (T_{x2}) se usó la función:

$$T_{x2} = \frac{\ln(2)}{r}$$

En el caso de que la T_{x2} sea negativa se usa el valor absoluto como la estimación del tiempo para un reducción poblacional al 50%

La distribución estable (w_i) definida como la proporción de la abundancia de los ejemplares de la edad i fue estimada como el vector de los valores propios a la derecha de la matriz A de acuerdo a la siguiente secuencia de operaciones:

$$w_1 = 1 \rightarrow w_i = P_{i-1}\lambda^{-1}w_{i-1}$$

El valor reproductivo de cada grupo de edad (v_i) fue estimado de acuerdo a la siguiente secuencia de operaciones:

$$v_1 = 1 \leftarrow v_i = F_i\lambda^{-1} + v_{i+1}P_i\lambda^{-1} \leftarrow v_n = F_n\lambda^{-1}$$

De manera resumida la función matricial es:

$$v_i = \sum_{i=1}^{n} F_i \lambda^{i-j-1} \left(\prod_{h=i}^{j-1} P_h \right)$$

Se usó la elasticidad, definida como la medida del cambio proporcional en la tasa de crecimiento poblacional debidos a cambios en los elementos de la matriz de proyección, de acuerdo a las siguientes funciones:

En el caso de la sobrevivencia

$$e_{P_x} = \frac{P_x}{\lambda} S_{P_x}$$

En el caso de la fertilidad

$$e_{F_x} = \frac{F_x}{\lambda} S_{F_x}$$

Donde S_{px} y S_{Fx} son los valores de sensibilidad a la sobrevivencia y a la fertilidad respectivamente y que tienen la formula:

$$S_{P_x} = \lambda \frac{P_{j+1}}{P_j} + \frac{F_{j+1}}{P_j v_{j+2}}$$

$$S_{F_x} = \frac{\lambda}{P_x}$$

La sumatoria de estas elasticidades deberá se ser uno.

Para observar el efecto neto de la mortalidad se simuló el crecimiento poblacional a través de un intervalo de tiempo igual a la duración de una cohorte, iniciando con un individuo en la edad 0 para un escenario sin mortalidad por pesca y otro en las condiciones actuales de explotación, de acuerdo a la matriz de proyección siguiente:

$$An_{t+1} = An_t = \begin{vmatrix} F_1 & F_2 & \cdots & \cdots & F_i \\ P_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & P_2 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_j & 0 \end{vmatrix} X \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Donde An es el tamaño de la población.

Simulación a distintos escenarios de pesca

Se realizó la simulación de los parámetros r, $R_{0,}$ a distintos escenarios de mortalidad por pesca (F) conservando la edad de primera captura (E_{pc}) debido a que esta edad aparece en casi todos los artes de pesca. Además se simulo el valor de R_0 a diferentes escenarios de t_{pc} y de F.

Por otro lado, se realizó la simulación de estos parámetros y de la edad de duplicación y reducción al 50% en los siguientes escenarios:

1.- con t_{pc} constante

a.- Mortalidad por pesca al rendimiento máximo sostenible (RMS): cuando F se encuentra a 0.5*r

b.- F a la tasa intrínseca de delimitación usando la propuesta de Au y Smith (1997) de F=M (Z=2M), usando la matriz de Leslie (Leslie, 1954).

c.- Mortalidad por pesca crítica (F_C), o mortalidad cuando la tasa intrínseca de crecimiento poblacional es 0 y la tasa neta reproductiva (R0) es 1 (Simpfendorfer, 1998).

d.- Mortalidad por pesca actual

e.- Mortalidad por pesca en la extinción comercial, o cuando la tasa neta reproductiva es 0

2.- Mortalidad por pesca actual constante

a.- Neonatos (t = 0)

b.- Edad 1

c.- Primera madurez sexual (t_{pm})

e.- Con un evento reproductivo ($t=t_{pm}+1$)

Además en cada escenario explorado se realizó la proyección del crecimiento de la población para ver sus efectos de manera más asertiva.

Análisis de la morfometría geométrica

Para este análisis los organismos muestreados fueron codificados por región oceanográfica (Golfo de California, sur de Sinaloa y Pacifico Tropical Mexicano, Michoacán). Los

análisis se hicieron por individuo sin diferenciar hembras o machos ni tallas. El primer análisis desarrollado fue el análisis de componentes principales (ACP), que indica de manera simple, basado en correlaciones lineales de las morfometrías, si existe separación al no tomar en cuenta a las regiones de muestreo y que se estandariza con los valores propios de cada morfometría. El segundo análisis, conocido como análisis de discriminates (AD) fue usado como una comprobación del primero, y se basa en la relación de las morfometrías estandarizada con una morfometría principal y considera las regiones estudiadas para dar un porcentaje de separación de grupos.

Las mediciones se basaron en trazar una red morfométrica en la parte ventral de la cabeza de los organismos a partir de las fotografías tomadas en las localidades de desembarco (Figura 11; Tabla 7). Las fotografías fueron digitalizadas como archivo TIFF a 300 dpi y las medidas fueron tomadas con el programa UTHSCSA ImageTool Ver. 3 alpha (Departamento de Diagnostico Científico Dental y Centro de Ciencias de la Salud de la Universidad de Texas: http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/itdesc.html).

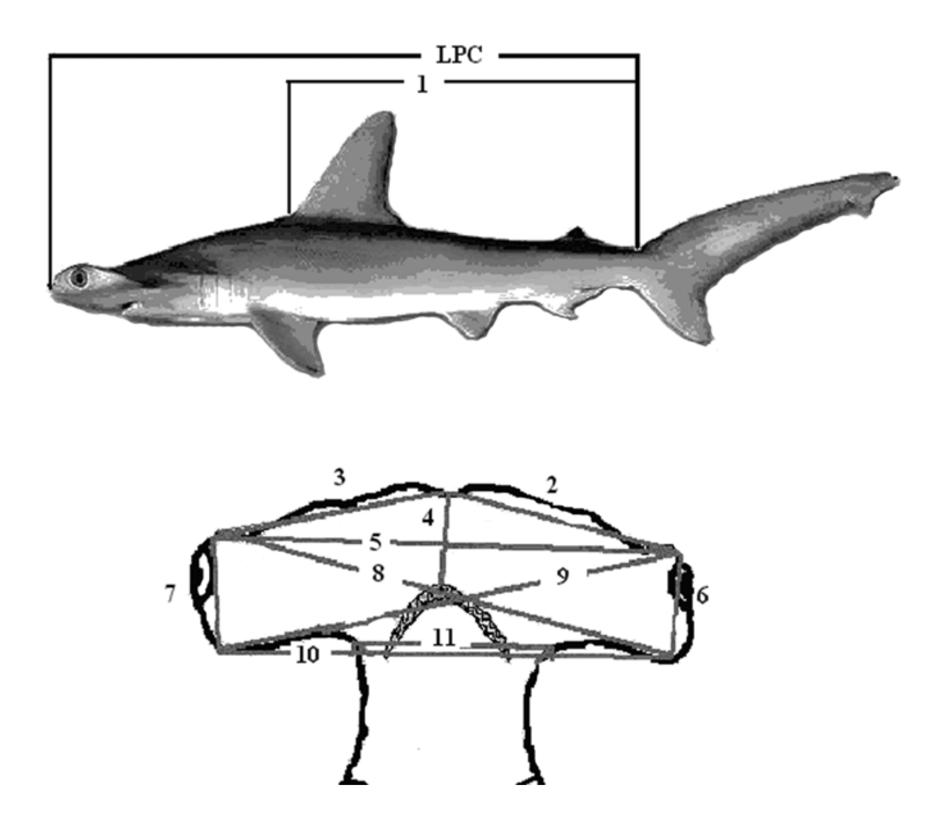


Figura 11.- Morfometrías geométricas tomadas a los ejemplares

Tabla 7- Caracteres morfométricos para tiburones propuestos para este estudio.

Código	Carácter morfométrico
LPC	Longitud precaudal (medida de estandarización)
M1	Longitud alternativa
M2	Distancia izquierda de la muesca cefálica al borde anterior de la aleta cefálica
M3	Distancia derecha, de la muesca cefálica al borde anterior de la aleta cefálica
M4	Longitud del hocico, de la muesca cefálica a la mandíbula superior
M5	Distancia intercefálica anterior
M6	Anchura izquierda de la aleta cefálica
M7	Anchura derecha de la aleta cefálica
M8	Distancia diagonal del margen antero-izquierdo de la aleta cefálica al margen postero-derecho de la aleta cefálica.
M9	Distancia del margen antero-derecho de la aleta cefálica al margen postero-izquierdo de la aleta cefálica.
M10	Distancia intercefálica posterior
M11	Distancia intercervical anterior

Análisis de los componentes principales

El análisis de los componentes principales (ACP) permite exponer los efectos relativos de las más importantes fuentes de variación derivado de los principales factores. Los puntos son graficados en el espacio con cada carácter que lo representa en un eje y lo alinea en los ángulos de todos los otros ejes. El objetivo es describir una matriz de datos para reducir las dimensiones de la base original. Esto encuentra combinaciones lineales no-correlacionadas de las variables originales con una varianza máxima. El ACP esta diseñado para datos continuos y para proporcionar un buen resumen de las varianzas y covarianzas de los datos. Este análisis no es apropiado si se descubren relaciones no lineales (Pieluo, 1984).

Para tal efecto se estandarizaron los datos de cada variable incluyendo la variable de la longitud precaudal (LPC) y usando la correlación de Pearson para la matriz de clasificación (Ludwing y Reynolds, 1988).

$$Ms = \frac{M_{obs} - \overline{M}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{\infty}\left(M_{obs} - \overline{M}\right)^2}}$$

Donde Ms es la morfometría estandarizada, M_{obs} es la morfometría observada y $\overline{\boldsymbol{M}}$ es el promedio de la morfometría.

El seguimiento de este análisis se realizó de acuerdo a lo descrito por Ludwing y Reynolds, (1988).

Análisis de discriminantes

Las medidas morfométricas fueron estandarizadas con la propuesta de Elliot *et al*., (1995) usando la siguiente función:

$$Ms = M_0\left(\frac{\overline{LPC}}{LPC}\right)^b$$

Donde Ms es la morfometría estandarizada, M_0 es la morfometría original del cada individuo, $\overline{LPC}$ es la longitud precaudal promedio de toda la muestra, LT_0 es la longitud precaudal original del cada individuo y b es la pendiente de la relación potencial de M_0 con respecto a la LPC del toda la muestra.

El análisis de discriminantes se analizó de acuerdo a la propuesta de Ruiz-Campos *et al*., (2003), obteniendo para cada morfometría los valores de lamda de Wilks (para el nivel de significancia, $P < 0.05$) y la Tolerancia, definida como $1\text{-}R^2$, donde R^2 es el coeficiente de determinación entre la variable i y el resto de las variables explicativas que figuran en el modelo.

Por otro lado se estimó el coeficiente estandarizado de cada variable canónica de tal forma que los valores más altos (positivos y negativos) indicaron el efecto que causan en la

clasificación de los grupos, y se establecen bajo el análisis el porcentaje de cada grupo dentro de su clasificación.

De manera grafica se comprobaron los resultados a través de la relación espacial de las variables canónicas englobando a los individuos analizados dentro de cada grupo clasificado por el análisis a través de los centroides (punto de gravedad).

RESULTADOS

Por medio de once muestreos de cinco días efectivos por localidad realizados de enero de 2003 a febrero de 2005, se colectaron 70 individuos (25 hembras y 45 machos) para Michoacán y 532 individuos (266 hembras y 266 machos) para el sur de Sinaloa.

Para el análisis de biometrías y de edad y crecimiento, y debido al reducido número de ejemplares capturados en Michoacán, se retoman los datos y análisis publicados por Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza (2001) donde se analizaron 50 machos y 51 hembras. Así entonces el total de tiburones analizados para Michoacán en la presente tesis fueron 171, de los cuales 95 fueron machos y 76 hembras.

Biometrías

Los análisis de comparación de las regresiones lineales presentaron diferencias significativas cuando se combinan machos y hembras entre la relación de la longitud total (LT) con respecto a la longitud precaudal (LPC) para cada región oceanográfica. Cuando el análisis se realiza por sexo para cada región, los resultados son ambiguos. Para la relación de la LT y la longitud alternativa (LA) combinando ambos sexos los resultados también son ambiguos (Tabla 8).

Tabla 8.- Resumen estadístico de las comparaciones de las regresiones lineales para las biometrías de *Sphyrna lewini* para las dos regiones oceanográfica. *P* es el valor de significancia, a es la ordenada al origen y b es la pendiente.

Relación	Hipótesis nula	P		Decisión
		a	b	
LPC vs. LT	No hay diferencia entre las localidades con sexos combinados	0.02	0.01	Rechazo
	No hay diferencia entre los sexos para Michoacán	0.2	0.13	Aceptación
	No hay diferencia entre los sexos para Sinaloa	0.04	0.96	Aceptación con ajuste a la a
LA vs. LT	No hay diferencia entre las localidades con sexos combinados	0.1	0.04	Aceptación

Las regresiones lineales de la longitud total con respecto a la longitud precaudal para cada localidad se observan en la Figura 12.

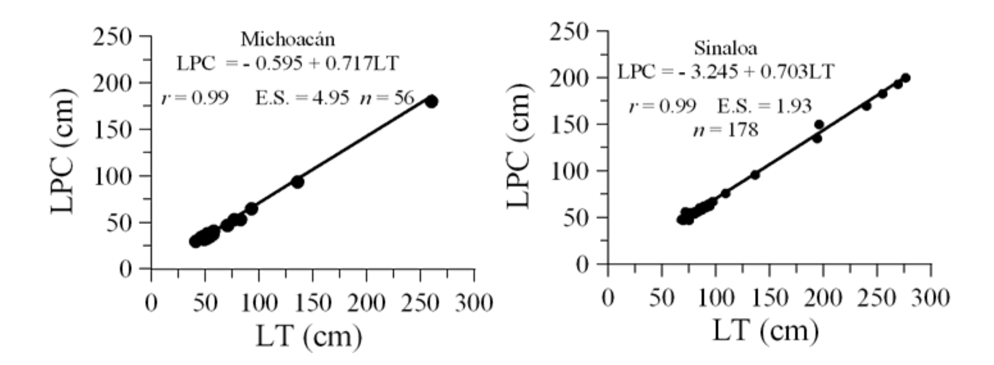


Figura 12.- Relaciones lineales de la longitud total (LT) entre la longitud precaudal (LPC)

La regresión lineal de la relación de la longitud total con respecto a la longitud alternativa para ambas localidades con sexos combinados es presentada en la Figura 13.

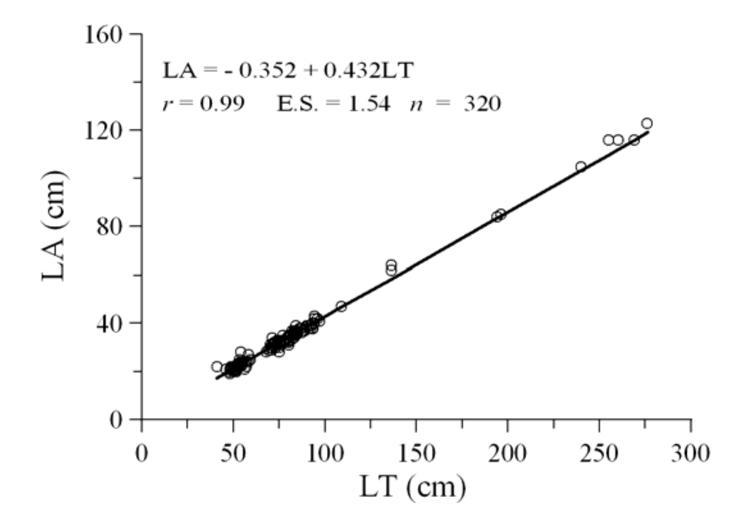


Figura 13.- Relación lineal de la longitud total (LT) entre la longitud alternativa (LA) para la combinación de sexos y localidades.

Calculo de LT a partir de la relación LA vs. LT

Una vez obtenida la relación LA LT, se calculó la LT para los organismos que se muestrearon descabezados (Tabla 9 y 10).

Tabla 9.- Promedio de la longitud total por mes de los ejemplares muestreos en Michoacán. *s* = desviación estándar, *n* = numero de tiburones.

Mes	Hembra				Machos			
	Promedio LT (cm.)	Intervalo (cm.)	s	n	Promedio LT (cm.)	Intervalo (cm)	s	n
Ene-Feb-03	N. A.	N. A.	N. A.	0	N. A.	N. A.	N. A.	0
Abr-03	58	50 a 71	6.6	4	56	N. A.	N. A.	1
Jun-03	74	48 a 270	41.8	11	89	44 a 260	46.9	13
Nov-03	N. A.	N. A.	N. A.	0	76	71 a 80	4.2	3
Feb.04	N. A.	N. A.	N. A.	0	83	74 a 91	8.5	2
Abr-04	N.A.	N. A.	N.A:	0	47.5	47	0	2
May-04	73	73	N.A.	2	N.A.	N.A.	N.A.	0
Ago-04	N.A.	N.A.	N.A.	0	N.A.	N.A.	N.A.	0
Sep-04	53	49 a 57	3.2	6	54.4	49 a 70	5.12	22
Nov-04	46	46	N.A.	2	46	46	N.A.	2
Feb-05	N.A.	N.A.	N.A.	0	N.A.	N.A.	N.A.	0
Total				25	Total			45

Tabla 10.- Promedio de la longitud total por mes de los ejemplares muestreos en Teacapán, Sinaloa. *s* = desviación estándar, *n* = numero de tiburones.

Mes	Hembra				Macho			
	LT (cm)	Intervalo (cm)	s	n	LT (cm)	Intervalo (cm)	s	n
Ene-Feb-03	87	82-94	3	10	80	77 a 90	3.3	8
Abr-03	89	82 a 97	4.1	5	98	80 a 134	15.3	5
Jun-03	272	256 a 288	8.	6	192.6	46 a 281	60.6	19
Nov-03	72	55 a 82	3.9	34	76	68 a 87	3.6	45
Feb.04	85	82 a 89	3.5	2	79	70 a 88	9.2	2
Abr-04	97	66 a 140	18.1	9	93	66 a 140	10	8
May-04	N.A.	N.A.	N.A.	0	N.A.	N.A.	N.A.	0
Ago-04	61	45 a 78	6.9	181	64	47 a 107	11.36	148
Sep-04	N.A.	N.A.	N.A.	0	N.A.	N.A.	N.A.	0
Nov-04	83	70 a 93	7	18	84.5	75 a 93	6.1	29
Feb-05	115	115	N.A.	1	88	83 a 93	7.07	2
Total				266				266

De manera general, se observa una mayor cantidad de organismos capturados en el sur de Sinaloa (Figura 14) que en la costa michoacana (Figura 15), así como una dominancia de organismos menores de un metro de LT para ambas localidades. Los meses de enero, febrero y noviembre muestran comportamientos de captura contrarios en ambas localidades. Para el sur de Sinaloa hay abundancia de organismos mientras que para Michoacán casi no hubo capturas.

Para ambas localidades de muestreo, el mes de junio fue el más diverso en las tallas capturadas. Así mismo, en este mes se muestrearon hembras preñadas a termino y los machos con semen en la vesícula seminal. En Teacapán, los neonatos se presentaron en dos épocas del año (junio y noviembre). Sin embargo, el mayor número de neonatos se encuentra durante el mes de noviembre. Para Michoacán, los neonatos aparecen desde abril para aumentar su presencia en junio.

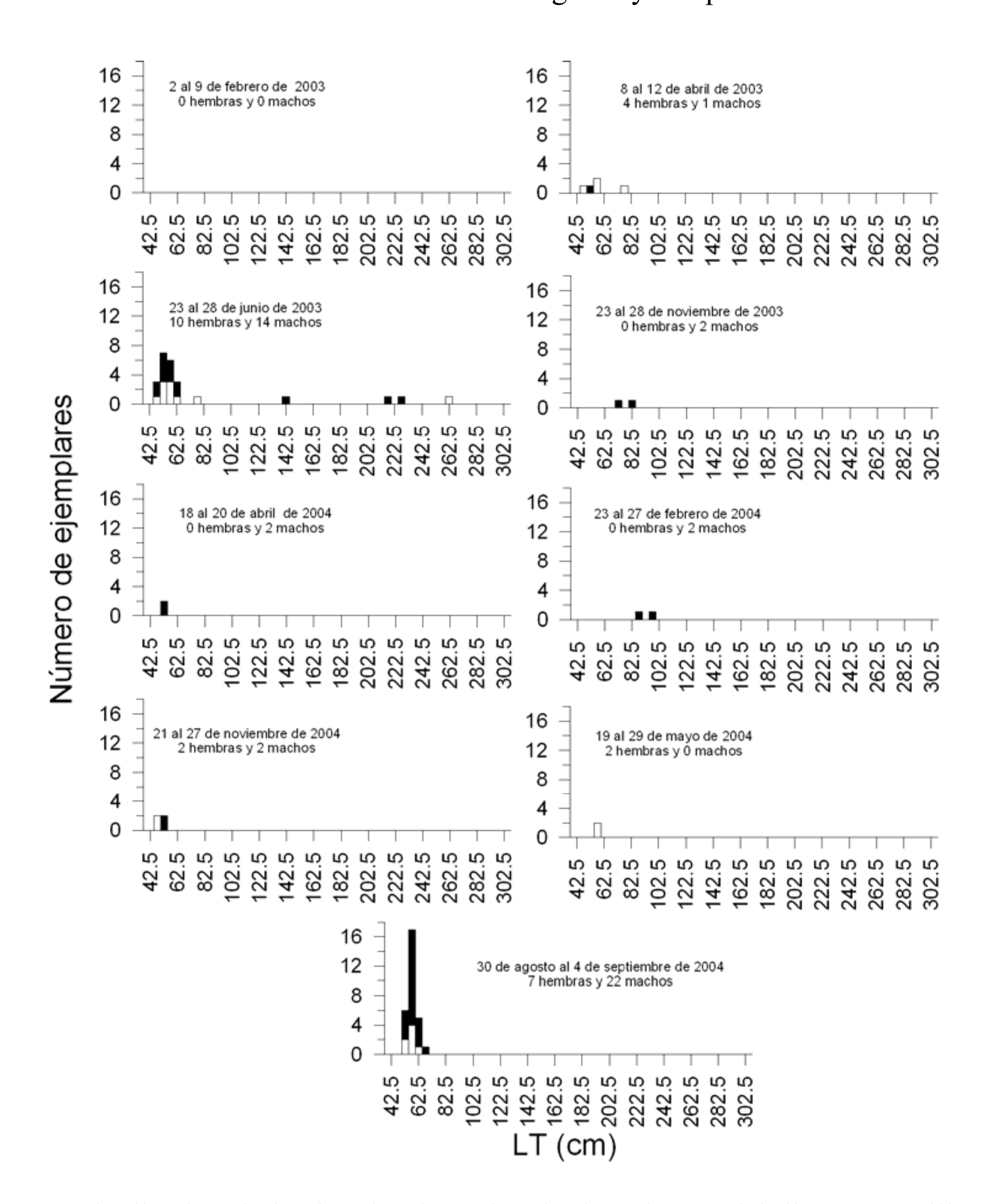


Figura 14.- Distribución de la abundancia en longitud total (LT) del tiburón martillo para la provincia de la costa michoacana (b). Los bloque blancos representan a las hembras y los negros a los machos.

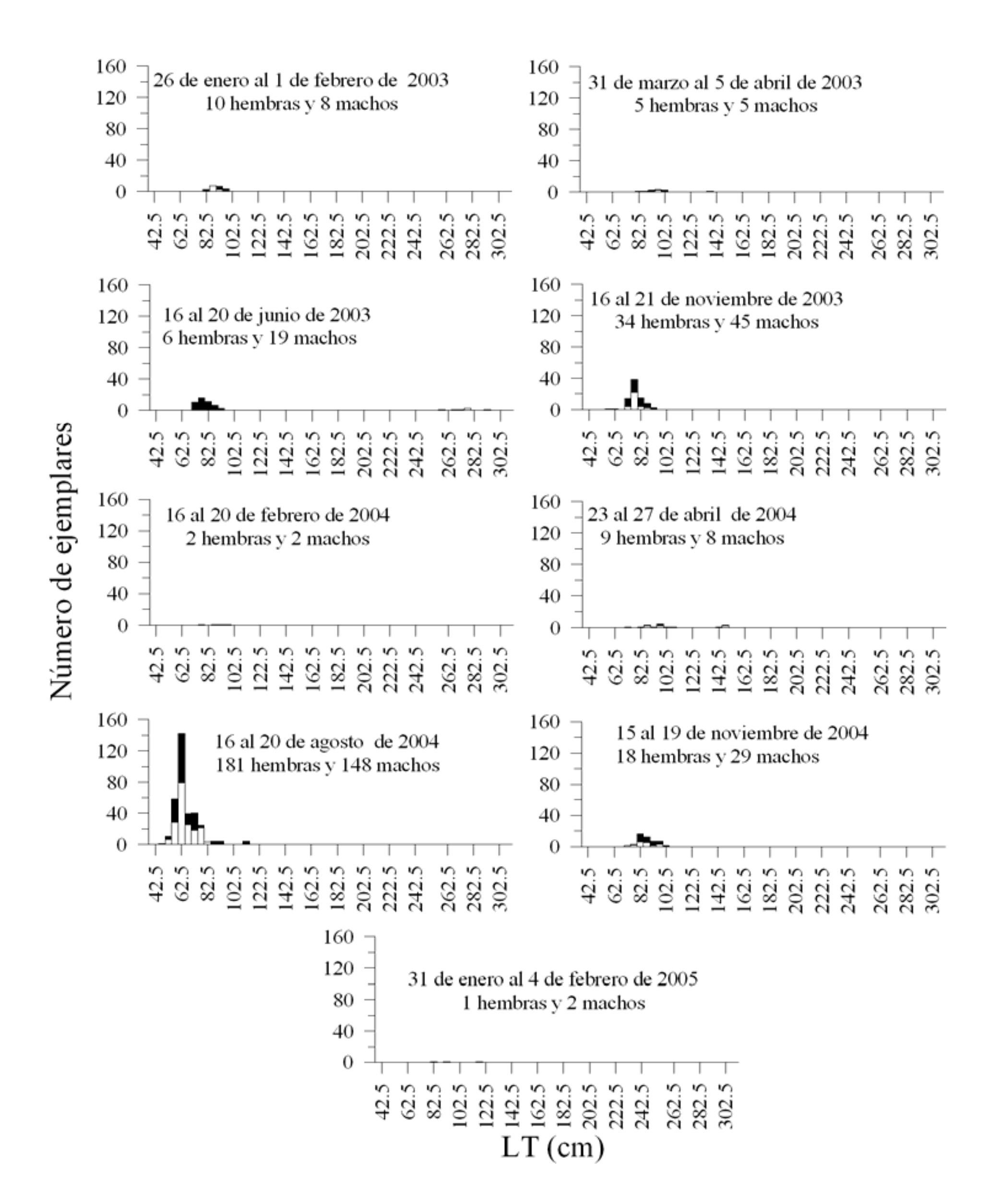


Figura 15.- Distribución de la abundancia en longitud total (LT) del tiburón martillo para la provincia del sur de Sinaloa.

Por otro lado, las abundancias totales del muestreo total en Michoacán (Figura 16) muestran una mayor captura de neonatos que en Sinaloa (Figura 17). En Teacapán hubo una mayor captura de organismos mayores de 62 cm. de longitud total.

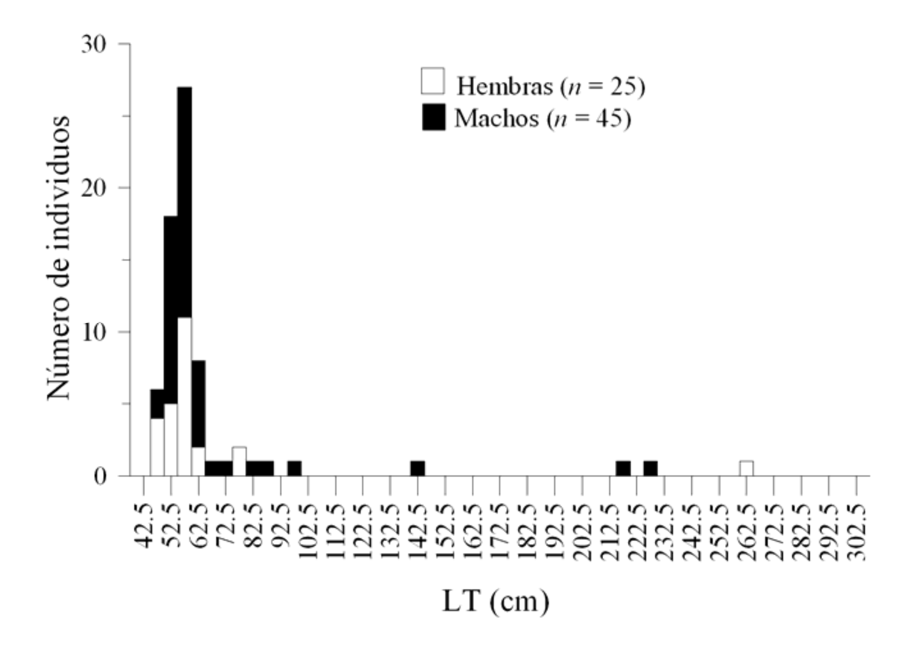


Figura 16.- Distribución de las tallas en la muestra total de tiburón martillo colectados en la costa de Michoacán.

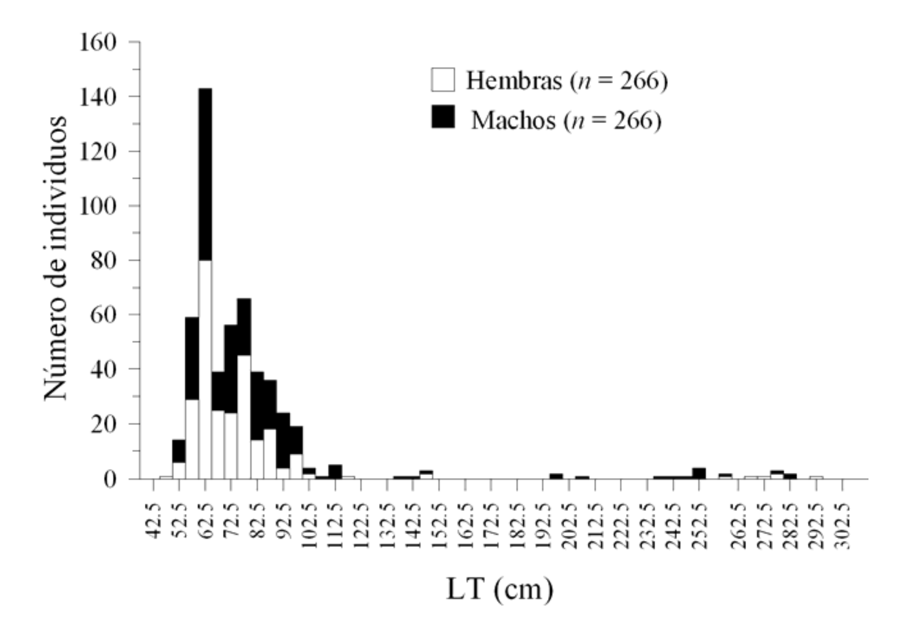


Figura 17.- Distribución de las tallas en la muestra total de tiburón martillo colectados en la costa del sur de Sinaloa.

Edad y crecimiento

Para Michoacán se obtuvieron 10 vértebras de hembras (49 a 96 cm. de longitud total) y 11 de machos (50 a 260 cm. de longitud total). Para Teacapán fueron 44 vértebras de hembras (52 cm. a 276 cm. de longitud total) y 65 de machos (47 a 245 cm. de longitud total)

Conteo de anillos

Los anillos fueron observados mejor con la tinción de Rojo de Alizarina S, mientras que con el cristal violeta al 0.01% los anillos fueron más difusos. Con la vértebra en un corte al natural se tuvo que seguir los anillos del cuerpo de la vértebra, aumentando así el tiempo de conteo (Figura 18). Los conteos entre los tres lectores mostraron inconsistencias ya que el número de vértebras que los lectores pudieron concluir como aceptables para el conteo difiere considerablemente con la vértebra al natural (115, 108 y 129), y con la vértebra teñida con cristal violeta (121, 110 y 99). Mientras que con el Rojo de Alizarina S los tres lectores coincidieron en el número de vértebras contadas (130).

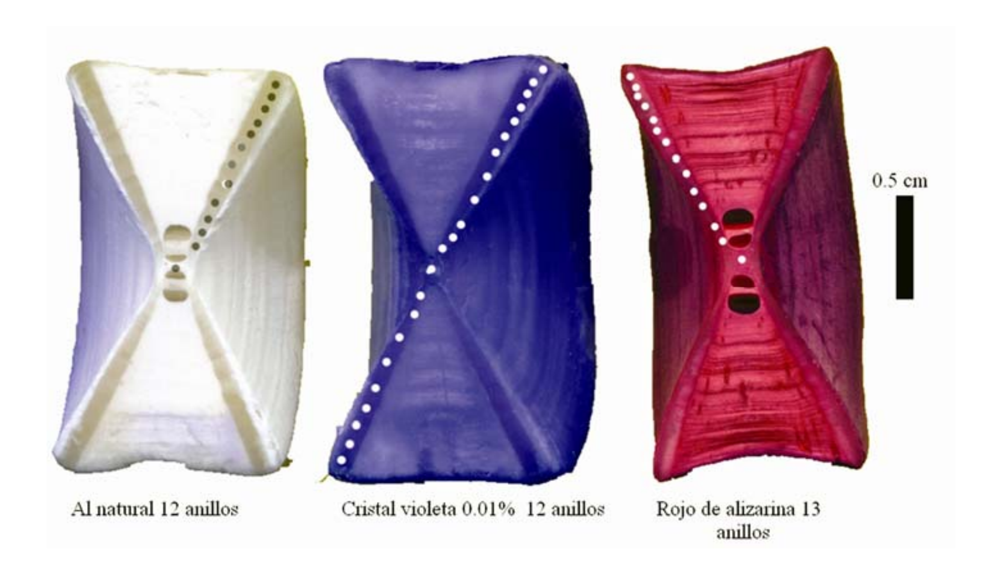


Figura 18.- Vista de los cortes vertebrales con las distintas técnicas de realce de los anillos, las vértebras pertenecieron a una hembra de 120 cm. de longitud total.

El análisis gráfico de las lecturas mostró que las lecturas con las tres técnicas de tinción se comportan de manera casi isométrica, sin embargo es la tinción de Rojo de Alizarina S la que da resultados más isométricos. La regresión del Rojo de Alizarina S presenta los valores de la ordenada al origen más cercana al cero y de su pendiente más cercana al uno (Figura 19).

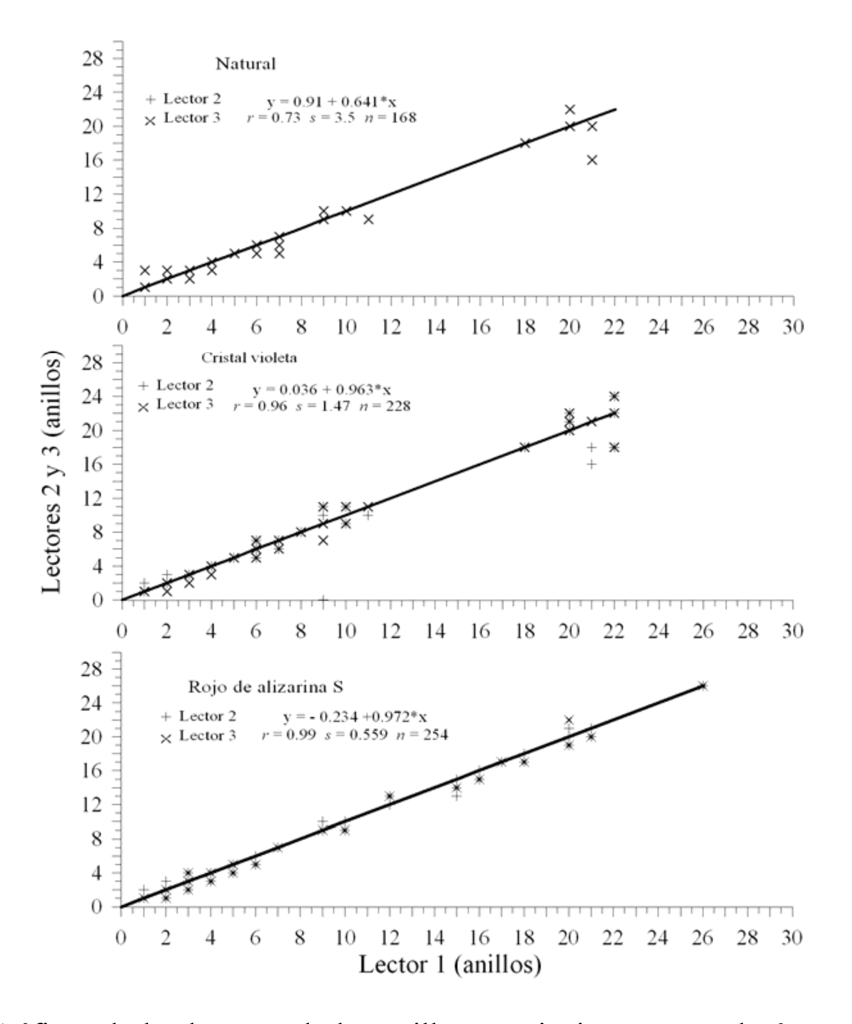


Figura 19.- Gráficos de las lecturas de los anillos por tinciones, n es el número de pares de datos con respecto al lector 1.

La prueba isométrica de χ^2 define a la tinción de Rojo de Alizarina S como la de mayor concordancia en las lecturas (χ^2 = 2.6 con P = 0.1). Así también, los valores del índice promedio de concordancia, índice promedio de error, coeficiente de variación y el índice de precisión fueron los más bajos para el Rojo de Alizarina S (Tabla 11). Los análisis subsecuentes en el retrocálculo se basaron en las mediciones realizadas con las vértebras teñidas con Rojo de Alizarina S.

Tabla 11.- Resultado de los análisis estadísticos en la lectura de anillos en el borde vertebral de las muestras, *n* es el número de vértebras incluidas en el análisis

Tinción	n	Lecturas efectivas por el lector 1	χ^2 isometría	IPC (%)	IPE	CV	D
Natural	130	115	4.5	65	16.9	24.8	14.3
Cristal Violeta	130	121	9.7	88.3	10.1	16.5	9.5
Rojo de Alizarina S	130	130	2.6	98.4	7	9.2	5.2

Medición de los anillos de crecimiento

Michoacán

Las mediciones de las distancias del foco al anillo i (r_i) de las vértebras de los tiburones colectados en Michoacán durante los años de 2003 a 2004, comparados con la base de datos del trabajo de Anislado y Robinson (2001) no presentaron diferencias significativas (t = 0.75, *P* = 0.5), por lo que presentan los valores de las mediciones con los datos combinados. Así mismo, se encontró que no existen diferencias significativas (t = 0.81, *P* = 0.4) entre estas distancias entre sexos (Figura 20). Sin embargo, una hembra de 260 cm. de longitud total presentó 20 anillos de crecimiento y las distancias de sus anillos discrepa ampliamente de los otros organismos analizadas. De tal manera que en su último anillo la distancia fue de 1.1.4 cm., este ejemplar se descarto en el análisis del retrocálculo.

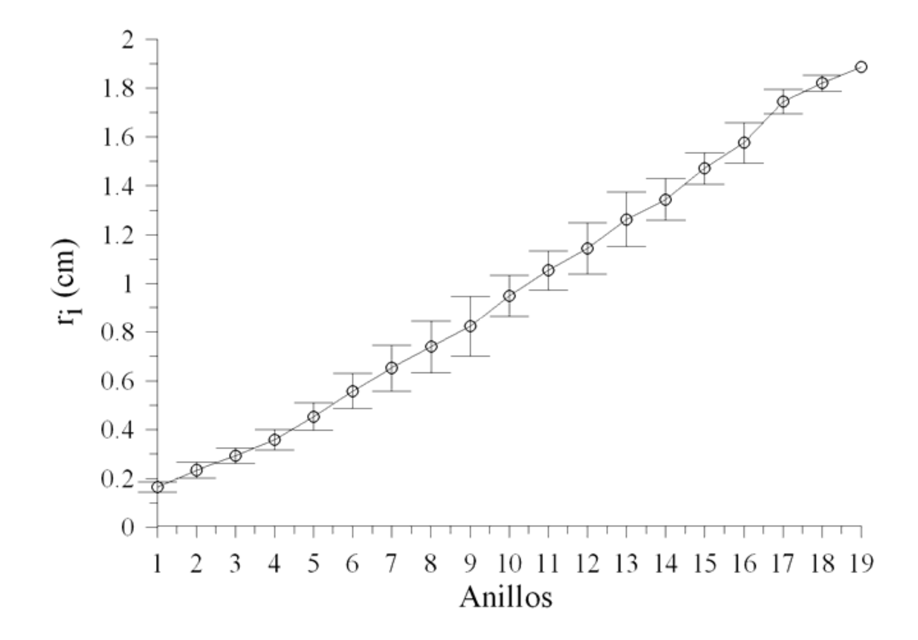


Figura 20.- Distancias del foco al anillo i con respecto al número de anillo para los ejemplares de Michoacán.

Teacapán, Sinaloa

De las mediciones de los anillos obtenidas se encontraron diferencias significativas (t = 9.2, $P < 0.001$) y de manera gráfica se puede observar que las vértebras de los tiburones machos son más grandes que las hembras (Figura 21), es de notar que las hembras se observa un incremento significativo, estas mediciones se realizaron en una hembra de 276 cm. de longitud total.

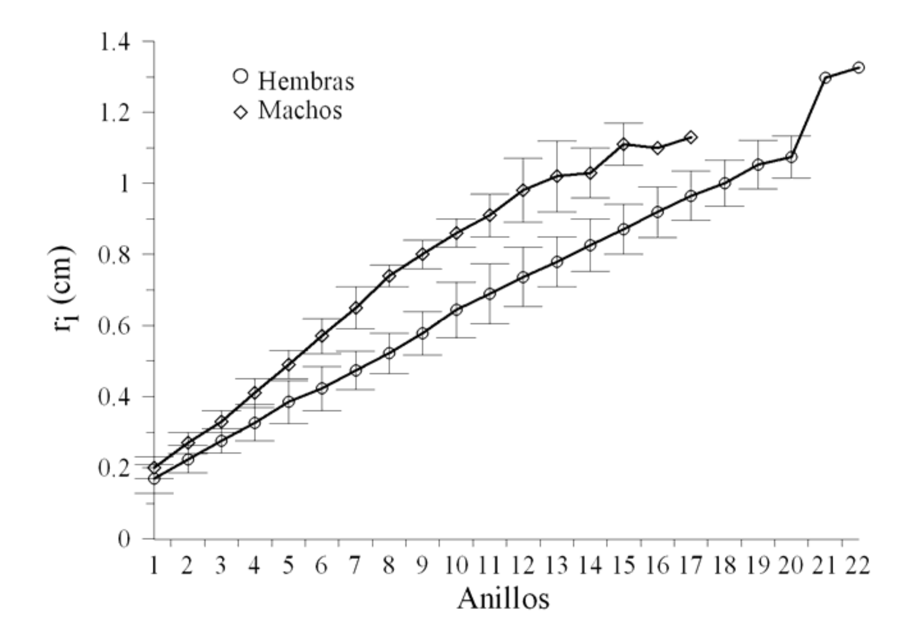


Figura 21.- Distancias del foco al anillo i con respecto al número de anillo para los ejemplares de Sinaloa.

Análisis del incremento marginal

Michoacán

Para los organismos de esta localidad se acepta la propuesta de Anislado y Robinson (2001), donde se expresa que el primer anillo se forma inmediatamente después de nacer y subsecuentemente se forman dos anillos anuales uno en el periodo de junio-julio y otro en el periodo de noviembre-diciembre.

Teacapán, Sinaloa

El promedio del incremento marginal en esta localidad presenta sus valores mínimos durante los meses de septiembre y agosto, dando la apariencia de la formación de un anillo anual en el mes de septiembre (Figura 22).

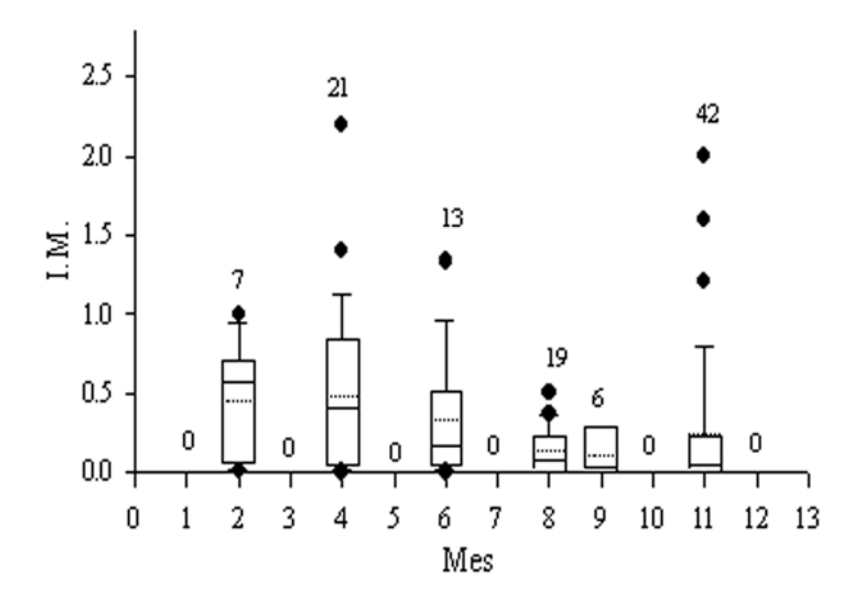


Figura 22.- Incremento marginal (IM) mensual de los ejemplares del sur de Sinaloa, las cajas representan los cuartiles; la línea a la mediana; la línea punteada a la media, los “bigotes” el rango de ± 0.15 de los cuartiles y los puntos a los datos extremos.

Observando la distribución de los tipos de anillos (Figura 23), se delimitan los meses de aparición de los anillos, aun con la ausencia de los muestreos de julio y diciembre se acepta la formación de dos anillos anuales, uno en los meses de julio y agosto y otro en los meses de noviembre y diciembre. La temperatura superficial del mar (TSM) presenta su pico máximo durante el mes de agosto (29°C) coincidiendo con la formación de un anillo, mientras que al descenso de esta temperatura durante el mes de noviembre coincide con la formación de un segundo anillo, sin embargo es la mínima precipitación pluvial de

noviembre y diciembre (15 y 17 mm/m^2 respectivamente) la que influencia la formación del segundo anillo anual.

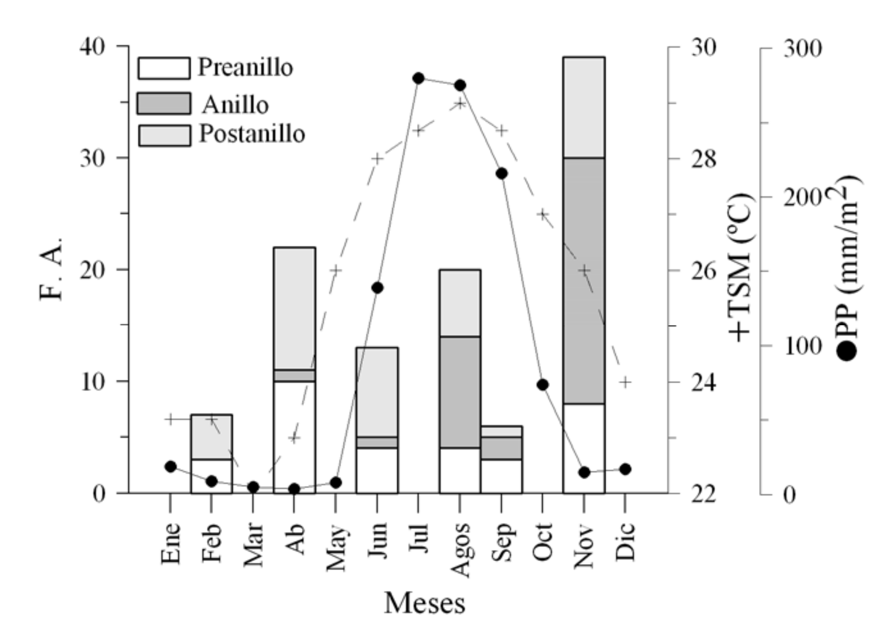


Figura 23.- Distribución mensual de los tipos de anillos en las vértebras de los ejemplares capturados en Sinaloa con respecto a la temperatura superficial del mar (TSM).

Con la observación de las vértebras de los embriones y de los neonatos se deduce que se forma un anillo antes de nacer e inmediatamente después de nacer se forma el primer anillo de crecimiento en la vida libre, con lo que al primer año de vida los tiburones tendrán tres anillos y al cumplir los dos años cinco anillos y se acumularan dos anillos por cada año de vida.

Relación isométrica del radio vertebral (R) y la longitud total (LT).

Michoacán

La relación entre el radio vertebral (R) y la longitud total (LT) para los ejemplares de esta localidad fue alométrico positivo sin presentar diferencias significativas con el patrón isométrico (Figura 24, Tabla 12), por lo que son consideradas como adecuadas para el análisis de retrocálculo.

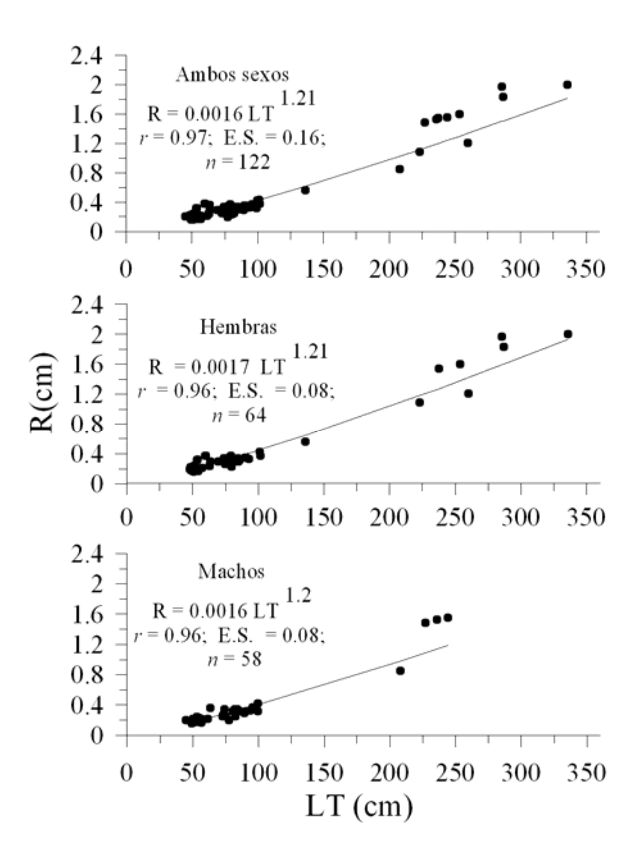


Figura 24.-Relación entre el radio vertebral (R) y la longitud total (LT) para los ejemplares colectados en Michoacán.

Tabla 12.- Resumen estadístico de la comparación de isometría de la relación del radio vertebral (R) y la longitud total (LT) para los ejemplares colectados en Michoacán.

	F	P	g. l.
Ambos sexos	0.68	0.57	3, 116
Hembras	0.55	0.65	3, 52
Machos	0.9	0.41	3, 53

Teacapán, Sinaloa

La relación entre el radio vertebral y la longitud total de los tiburones colectados en esta localidad fue isométrica (Figura 25, Tabla 13), por lo que la estructura dura (vértebra) es la ideal para el retrocálculo.

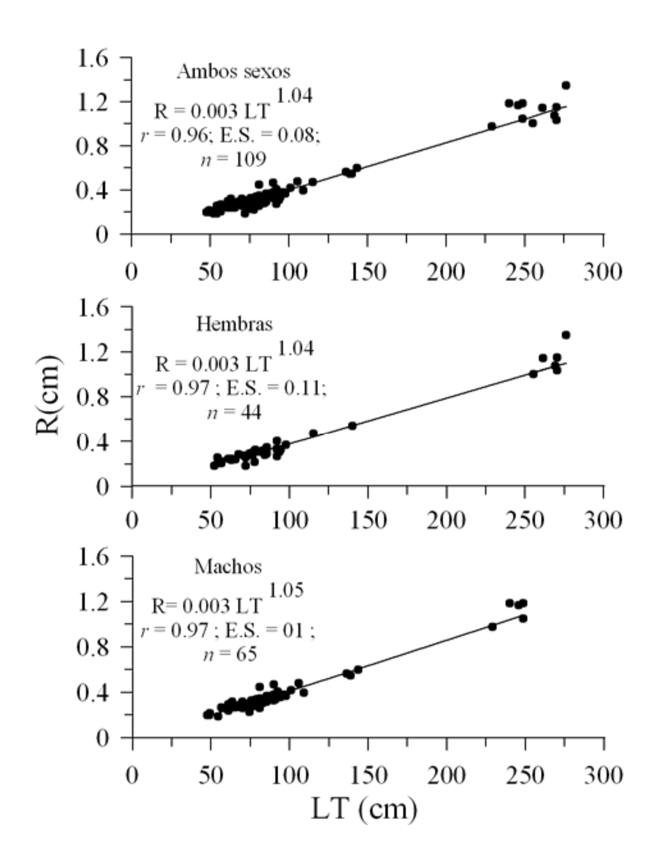


Figura 25.-Relación entre el radio vertebral (R) y la longitud total (LT) para los ejemplares colectados en el sur de Sinaloa.

Tabla 13.- Resumen estadístico de la comparación de isometría de la relación del radio vertebral (R) y la longitud total (LT) para los ejemplares colectados en el sur de Sinaloa.

	F	P	g. l.
Ambos sexos	0.86	0.46	3, 103
Hembras	1.16	0.34	3, 38
Machos	0.97	0.42	3, 59

Retrocálculo

Michoacán

Para evaluar la consistencia de los resultados reportados por Anislado y Robinson (2001) se realizaron las regresiones necesarias para los diferentes tipos de retrocálculos usados (Tabla 14)

Tabla 14.- Regresiones del radio vertebral y la longitud total para los tiburones martillo de Michoacán, a es ordenada al origen, b es la pendiente, *r* es el coeficiente de regresión ES es el error estándar del modelo y *n* es el número de datos.

Sexos		Modelo	a	b	r	ES	n
Ambos	R vs. LT	Lineal	-0.164	0.007	0.98	0.007	122
sexos		Potencial	0.0016	1.21	0.97	0.16	122
	LT vs. R	Lineal	28.24	146.77	0.98	13.05	122
		Potencial	184	0.76	0.96	0.13	122
Hembras	R vs. LT	Lineal	-0.16	0.007	0.98	0.09	63
		Potencial	0.002	1.21	0.964	0.08	63
	LT vs. R	Lineal	27.2	148.15	0.98	13.9	63
		Potencial	182.8	0.76	0.98	0.14	63
Machos	R vs. LT	Lineal	0.167	0.007	0.96	0.08	59
		Potencial	0.0016	1.2	0.96	0.15	59
	LT vs. R	Lineal	29.6	144.1	0.96	12.6	59
		Potencial	175.5	0.68	0.97	0.12	59

A través del análisis de máxima verosimilitud aplicado a los diferentes resultados obtenidos con los modelos de retrocálculo (Tabla 15) se delimitaron como los convenientes para obtener la ECVB a los resultados obtenidos por el modelo de Frase-Lee para ambos sexos y para las hembras, mientras que para los machos fue el BPH no lineal.

Tabla 15.- Resumen de los estadísticos de los modelos de retrocálculo para los tiburones de Michoacán. V es la máxima verosimilitud, CV es el coeficiente de variación de las longitudes retrocalculádas y s_{cv} es la desviación estándar, en negrita los valores máximos.

Sexo	Modelo	V	Promedio CV	s_{cv}
Ambos	Fraser-Lee	3.95×10^{-21}	9.3	3.38
	BPH lineal	2.8×10^{-22}	10.05	3.92
	BPH no lineal	3.5×10^{-22}	9.5	3.87
	SPH lineal	2.4×10^{-21}	9.5	3.48
	SPH no lineal	1.3×10^{-22}	9.9	4.1
Hembras	Fraser-Lee	6.7×10^{-22}	7.3	3.74
	BPH lineal	5.7×10^{-23}	7.9	4.3
	BPH no lineal	1.3×10^{-23}	7.85	4.65
	SPH lineal	5.8×10^{-22}	7.35	3.76
	SPH no lineal	1.2×10^{-23}	7.78	4.68
Machos	Fraser-Lee	6.04×10^{-20}	12.7	4.8
	BPH lineal	1.4×10^{-20}	13.8	5.3
	BPH no lineal	1.4×10^{-18}	11.5	3.9
	SPH lineal	2.7×10^{-20}	13.1	5.04
	SPH no lineal	1.3×10^{-20}	13.8	5.3

Análisis de los resultados del retrocálculo de LT conjuntando hembras y machos

Conjuntando hembras y machos de Michoacán, las longitudes obtenidas con el retrocálculo (Tabla 16) muestran que durante el primer año de vida los individuos aumentan un 43 % de LT, para el segundo año 34 %. Conjuntando hembras y machos los resultados indican que la longitud de nacimiento estimada esta en el límite superior de los datos observados (45 a 50 cm.).

Tabla 16.- Resultados del análisis de retrocálculo por el método de Fraser- Lee para ambos sexos de *Sphyrna lewini* en Michoacán, las longitudes están en cm. y el orden en mínimo, promedio y máximo. *n* es el número de vértebras con el número de anillos indicado y *s* es la desviación estándar.

Anillo	Edad	Longitud retrocalculáda	n	s	Longitud observada (cm)	n	s
1	0+	41 – 51 – 71	120	6	45 – 52 - 57	52	2.2
2		50 – 65 - 89	68	10.6	49 – 68 – 99	22	15.2
3	1	50 – 74 - 92	46	9.5	53 – 76 - 83	24	12.6
4		74 – 85 – 97	22	7.9	78 – 87 - 102	11	8.3
5	2	82 – 99 - 1167	11	9.4	101	1	
6		95 – 114 – 136	10	12.4			
7	3	106 – 128 - 161	10	15.7			
8		118 – 141 – 181	10	19.2			
9	4	126 – 153 – 191	10	19.3	136	1	
10		147 – 170 – 199	9	16.8	208		
11	5	158 – 179 – 199	8	12.5			
12		166 – 192 - 213	8	14.5	223		
13	6	177 – 204 – 222	7	13.7			
14		185 – 213 – 230	7	13.9			
15	7	208 – 229 - 244	7	11.5	236 – 239 - 244	3	4.4
16		223 - 241 - 260	4	15.2	227 – 240 - 254	2	18.8
17	8	252 – 261 - 271	2	13.1			
18		263 – 273 - 283	2	13.7	28	1	
19	9	274	1		286	1	

Análisis de los resultados del retrocálculo de LT para hembras

Las longitudes obtenidas con el retrocálculo (Tabla 17) muestran que durante el primer año de vida las hembras aumentan un 42 %, para el segundo año 39 %.

Tabla 17.- Resultados del análisis de retrocálculo por el método de Fraser- Lee para las hembras de *Sphyrna lewini* en Michoacán, las longitudes están en cm. y el orden en mínimo, promedio y máximo. *n* es el número de vértebras con el número de anillos indicado y *s* es la desviación estándar.

Anillo	Edad	Longitud retrocalculáda	n	s	Longitud observada	n	s
1	0+	40 – 51 - 70	61	6.2	48 – 52 - 54	22	1.7
2		45 – 64 - 89	39	11	49 – 69 - 93	12	15.3
3	1	49 – 71 - 91	27	9.6	53 – 71 - 91	17	8.3
4		74 – 85 – 99	14	7.3	78 – 86 - 102	7	8.3
5	2	91 – 99 - 105	7	5	101	1	
6		106 – 114 – 123	6	7.1			
7	3	119 – 128 - 137	6	7.3			
8		126 – 142 - 159	6	11.7			
9	4	132 – 154 – 171	6	13.7	136	1	
10		158 – 173 - 191	5	13.3			
11	5	173 – 184 - 199	5	11.1			
12		185 -197 - 213	5	11.6	223	1	
13	6	205 – 210 -222	4	7.9			
14		211 – 219 - 230	4	8			
15	7	225 – 231 – 244	4	8.8	237		
16		241 – 248 - 260	3	11.1	254	1	
17	8	252 - 261 - 271	2	13.1			
18		263 – 273 - 283	2	13.8	287 – 311 - 336	2	34.6
19	9	274	1				

Análisis de los resultados del retrocálculo de LT para machos

Las longitudes obtenidas con el retrocálculo (Tabla 18) muestran que durante el primer año de vida los machos aumentan un 57.6 %, para el segundo año 39.4 %,

Tabla 18.- Resultados del análisis de retrocálculo por el método de BPH no lineal para los machos de *Sphyrna lewini* en Michoacán las longitudes están en cm. y el orden en mínimo, promedio y máximo. *n* es el número de vértebras con el número de anillos indicado y *s* es la desviación estándar.

Anillo	Edad	Longitud retrocalculáda	n	s	Longitud observada	n	s
1	0+	38 – 50 - 68	59	5.8	45 – 52 - 57	30	2.5
2		47 – 67 - 89	29	10.7	51 – 68 - 99	10	16
3	1	60 – 78 - 91	19	8.8	64 – 83 - 96	11	10
4		78 – 91 - 111	8	11.1	82 - 89 - 100	4	8.8
5	2	93 – 109 - 127	4	15.9			
6		108 – 126 - 147	4	18.6			
7	3	121 – 140 - 169	4	23			
8		133 – 152 - 186	4	25.1			
9	4	141 – 164 - 195	4	23			
10		160 – 178 - 201	4	17.1	208	1	
11	5	170 – 181 - 188	3	10			
12		177 – 193 - 207	3	15.2			
13	6	187 – 203 - 216	3	15.2			
14		193 – 211 - 222	3	15.7			
15	7	212 – 228 - 240	3	14.3	236 – 240 - 244	2	5.9
16		224	1		227	1	

Teacapán, Sinaloa

Las regresiones utilizadas para los diferentes análisis de retrocálculo realizados se resumen en la Tabla 19. Para esta región se encontró que las mejores estimaciones del retrocálculo se obtuvieron con el retrocálculo SPH no lineal para ambos sexos, BPH lineal para las hembras y el BPH no lineal para los machos (Tabla 20).

Tabla 19.- Regresiones del radio vertebral y la longitud total para los tiburones martillo de Sinaloa. a es ordenada al origen, b es la pendiente, *r* es el coeficiente de regresión ES es el error estándar del modelo y *n* es el número de datos.

Sexos		Modelo	a	b	r	ES	n
Ambos sexos	R vs. LT	Lineal	-0.035	0.004	0.98	0.05	109
		Potencial	0.003	1.04	0.96	0.02	109
	LT vs. R	Lineal	10.9	218.3	0.98	10.01	109
		Potencial	224.2	0.9	0.97	0.11	109
Hembras	R vs. LT	Lineal	-0.04	0.004	0.99	0.05	44
		Potencial	0.003	1.1	0.98	0.05	44
	LT vs. R	Lineal	12.1	222.8	0.99	10.9	44
		Potencial	235.4	0.9	0.99	10.6	44
Machos	R vs. LT	Lineal	-0.049	0.005	0.98	0.09	65
		Potencial	0.003	1.05	0.97	0.1	65
	LT vs. R	Lineal	13.2	204.8	0.98	8.6	65
		Potencial	216.9	0.9	0.97	0.1	65

Tabla 20.- Resumen de los estadísticos de los modelos de retrocálculo para los tiburones de Teacapán, Sinaloa. V es la máxima verosimilitud, CV es el coeficiente de variación de las longitudes retrocalculádas y s_{cv} es la desviación estándar, en negrita los valores máximos.

Sexo	Modelo	V	Promedio CV	S_{cv}
Ambos	Lee-Creen	3.6×10^{-24}	9.95	3.7
	BPH lineal	4.6×10^{-24}	9.88	3.6
	BPH no lineal	2.2×10^{-24}	9.83	3.8
	SPH lineal	1.03×10^{-26}	11.8	4.9
	SPH no lineal	3.2×10^{-23}	10.9	3.8
Hembras	Lee-Creen	1.2×10^{-20}	9.53	2.5
	BPH lineal	1.3×10^{-20}	9.6	2.5
	BPH no lineal	5.6×10^{-23}	9.729	3.2
	SPH lineal	6.5×10^{-24}	10.587	3.6
	SPH no lineal	4.7×10^{-23}	9.8	3.2
Machos	Lee-Creen	6.04×10^{-20}	12.7	4.8
	BPH lineal	1.4×10^{-20}	13.8	5.3
	BPH no lineal	1.3×10^{-19}	12.5	4.6
	SPH lineal	2.7×10^{-20}	13.1	5
	SPH no lineal	1.3×10^{-20}	13.8	5.3

Análisis de los resultados del retrocálculo de LT conjuntando hembras y machos

Los valores estimados en el retrocálculo para ambos sexos (Tabla 21) muestra que los organismos aumentan hasta un 60% de su talla en el primer año, mientras que para el segundo año aumentan un 36%.

Tabla 21.- Resumen del retrocálculo SPH no lineal para ambos sexos del tiburón martillo colectado en Teacapán, Sinaloa. Las longitudes están en cm. y el orden en mínimo, promedio y máximo. *n* es el número de vértebras con el número de anillos indicado y *s* es la desviación estándar.

Anillo	Edad	Longitud retrocalculáda	n	s	Longitud observada	n	s
1	0+	30 – 48 – 73	109	8	48 – 58 – 74	19	7.5
2		43 – 64 – 84	90	8.8	54 - 76 - 85	26	7.1
3	1	55 – 77 – 101	64	8.2	68 – 86 - 109	36	8.9
4		63 -89 – 108	28	10	85 – 92 - 105	11	5.3
5	2	76 – 104 – 134	17	14.1	98 – 122 - 139	4	19.3
6		90 – 116 – 15	13	17.3	143	1	
7	3	103 – 130 - 173	13	19			
8		113 – 143 - 180	12	20.8	139	1	
9	4	127 – 156 - 194	12	21			
10		138 – 171 – 208	11	22.4			
11	5	145 – 182 - 219	11	22.9			
12		154 – 194 – 230	11	24.8			
13	6	168 – 204 – 242	11	24	240 – 244 -249	2	6
14		176 – 207 - 231	9	20	229	1	
15	7	187 – 215 - 241	8	19.9	249	1	
16		195 – 222 - 247	7	18.2			
17	8	203 – 232 - 263	7	19.3	246 – 258 - 270	2	17
18		211 – 235 - 247	5	15.3			
19	9	224 – 246 - 256	5	14.1	261	1	
20		230 – 252 - 266	4	16.2	255 – 265 - 270	3	8.4
21	10	265	1				
22		271	1		276	1	

Análisis de los resultados del retrocálculo de LT para hembras

Los valores estimados en el retrocálculo para las hembras (Tabla 22) muestra que las hembras aumentan hasta un 58% de su talla en el primer año, mientras que para el segundo año aumentan un 33.4%.

Tabla 22- Resumen del retrocálculo BPH lineal para las hembras de los tiburones martillo colectados en Teacapán, Sinaloa. Las longitudes están en cm. y el orden en mínimo, promedio y máximo. *n* es el número de vértebras con el número de anillos indicado y *s* es la desviación estándar.

Anillo	Edad	Longitud retrocalculáda	n	s	Longitud observada	n	s
1	0+	37 -50 – 74	44	8.3	52 – 58 - 63	7	4.4
2		50 – 63 - 84	37	8.6	54 – 74 - 85	8	10.4
3	1	61 – 75 - 92	29	7.7	68 – 80 - 94	14	7.8
4		70 – 86 - 106	15	8.8	85 – 90 - 95	6	3.7
5	2	82 -99 - 116	9	10.9	98 – 106 - 115	2	12.3
6		95 – 108 - 115	7	11			
7	3	107 -119 - 133	7	9.4			
8		117 – 131 - 145	7	11			
9	4	130 – 144 - 161	7	12.5	139	1	
10		140 – 158 - 183.8	6	17.3			
11	5	148 – 168 - 193	6	17.4			
12		156 – 179 - 200	6	18.2			
13	6	170 – 189 - 210	6	15.4			
14		178 – 199 - 227.8	6	18.6			
15	7	187 - 210 - 238	6	18.9			
16		196 – 221 - 248	6	19.2			
17	8	203 – 231 - 263	6	20.8	270	1	
18		211 – 235 - 248	5	15.3			
19	9	224 – 246 - 256	5	14	261	1	
20		230 – 252 - 266	4	16.2	255 – 265 - 270	3	8.4
21	10	265	1				
22		270.9	1		276	1	

Análisis de los resultados del retrocálculo de LT para machos

Los valores estimados en el retrocálculo para los machos (Tabla 23) muestra que los machos aumentan hasta un 58.5% de su talla en el primer año, mientras que para el segundo año aumentan un 44.6%, para la edad 0+ la talla se encuentra en los límites de los observados para los neonatos (50 cm.)

Tabla 23.- Resumen del retrocálculo BPH no lineal para los machos del tiburón martillo colectados en Teacapán, Sinaloa. Las longitudes están en cm. y el orden en mínimo, promedio y máximo. *n* es el número de vértebras con el número de anillos indicado y *s* es la desviación estándar.

Anillo	Edad	Longitud retrocalculáda	n	s	Longitud observada	n	s
1	0+	39 – 51 -64	65	5.8	48 – 58 - 74	12	9.1
2		58 – 68 - 84	653	6.6	60 – 76 - 85	18	5.3
3	1	72 – 81 - 102	13	8.4	79 – 90 - 109	22	7.4
4		86 – 98 - 110	13	8.4	90 – 95 - 105	5	6
5	2	104 – 118 - 139	8	10.1	136 – 137 - 139	2	2
6		120 – 133 - 159	6	13.7			
7	3	136 – 150 - 177	6	15.1	143.2	1	
8		155 – 167 - 184	5	10.5			
9	4	174 – 180 - 197	5	9.8			
10		182 – 192 - 210	5	10.7			
11	5	192 – 203 - 221	5	11			
12		199 – 215 - 232	5	14			
13	6	206 – 225 - 242	5	15.3	240 – 244 - 249	2	6
14		215 – 225 - 232	3	8.4	229	1	
15	7	225 – 233 - 241	2	11.5	249	1	
16		232	1				
17	8	238	1		246	1	

Estimación de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy

Michoacán

Datos para hembras y machos juntos

La curva de crecimiento obtenida presenta una L_∞ de 349 cm (±12.4 cm) de longitud total, una k = 0.13 años^{-1} (±0.006 años^{-1}) y una t_0 = -1.028 años (±0.158 años) con una r = 0.98 y P = 0.381. (Figura 26), los valores de la ECVB se encuentra dentro de los valores más altos de la máxima verosimilitud que se puede obtener para la especie en Michoacán (Figura 27), por lo que se define como una buena estimación para la especie en esta región.

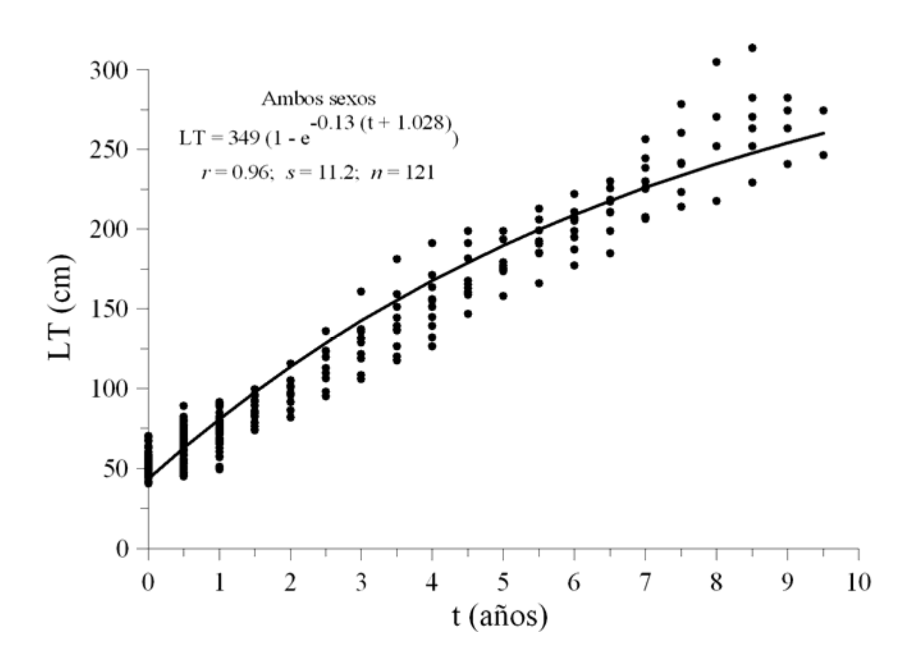


Figura 26.- Curvas de crecimiento para ambos sexos de los tiburones de Michoacán

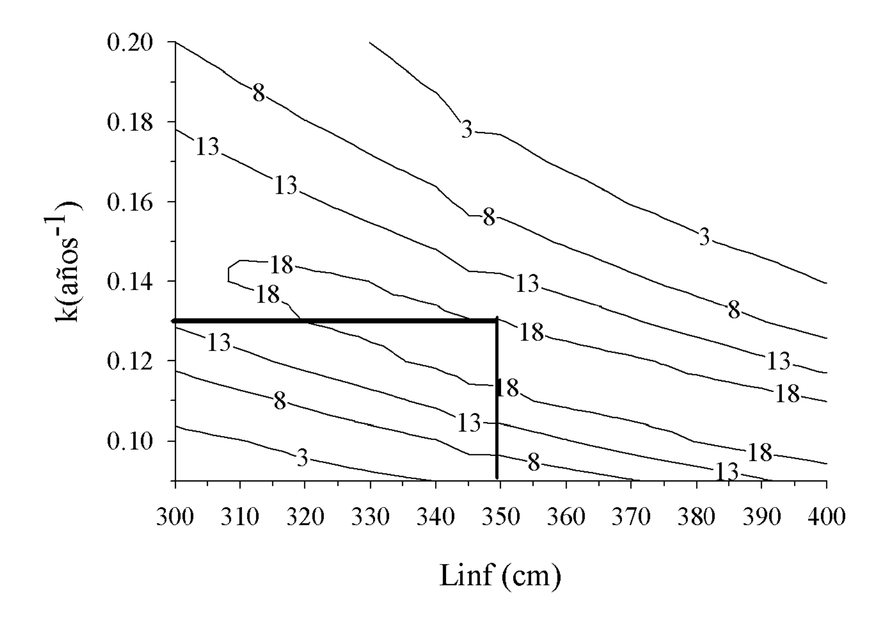


Figura 27.- Contornos de máxima verosimilitud para los parámetros de la ECVB (k y L_∞) para ambos sexos de los tiburones de Michoacán

Hembras

La curva de crecimiento obtenida en este trabajo (Figura 28) difiere de la obtenida por Anislado y Robinson (2001) (Tabla 24), la máxima verosimilitud del modelo (Figura 29) es mayor al obtenido para las estimaciones del modelo propuesto por Anislado y Robinson (2001), por lo que se recomienda el uso del modelo propuesto con este trabajo. Los parámetros fueron L_∞= 368.3 cm (±17.4 cm), k= 0.12 años^{-1} (±0.007 años^{-1}) y t_0= -1.06 años (±0.141 años) con una r = 0.98 y P = 0.0366.

Tabla 24.- Comparación de curvas de crecimiento para las hembras

Parámetros	Hembras (Anislado y Robinson, 2001)	Hembras este trabajo	Ecuación mancomunada		
L_∞	353.3	368.3	380	F	5.560
k	0.153	0.12	0.121	P	0.003
t_o	-0.633	-1.02	-0.729	g.l.	3, 32
SC	4875.2	2370.2	3468.6		
g.l.	16	16	35		

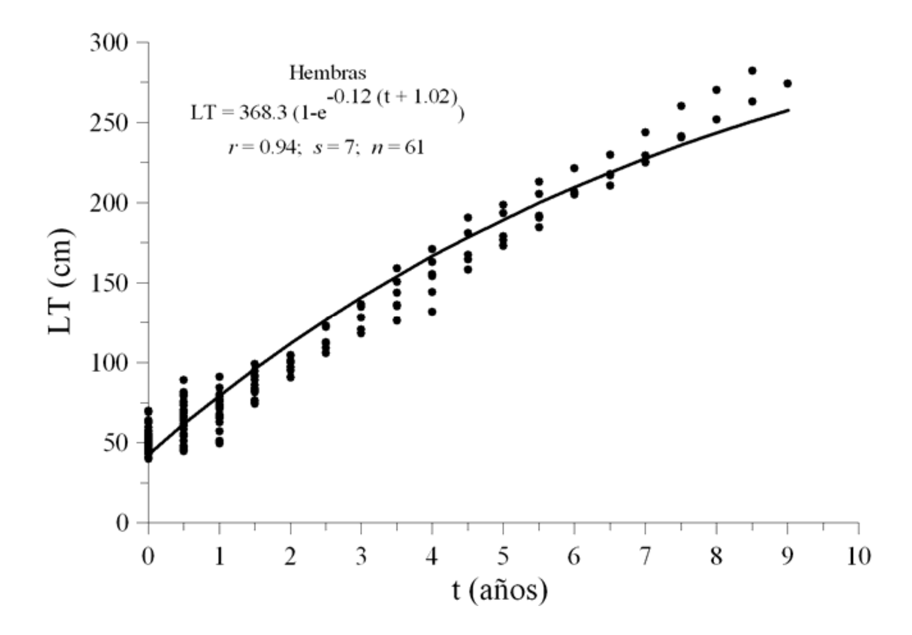


Figura 28.- Curva de crecimiento para los tiburones hembras de Michoacán

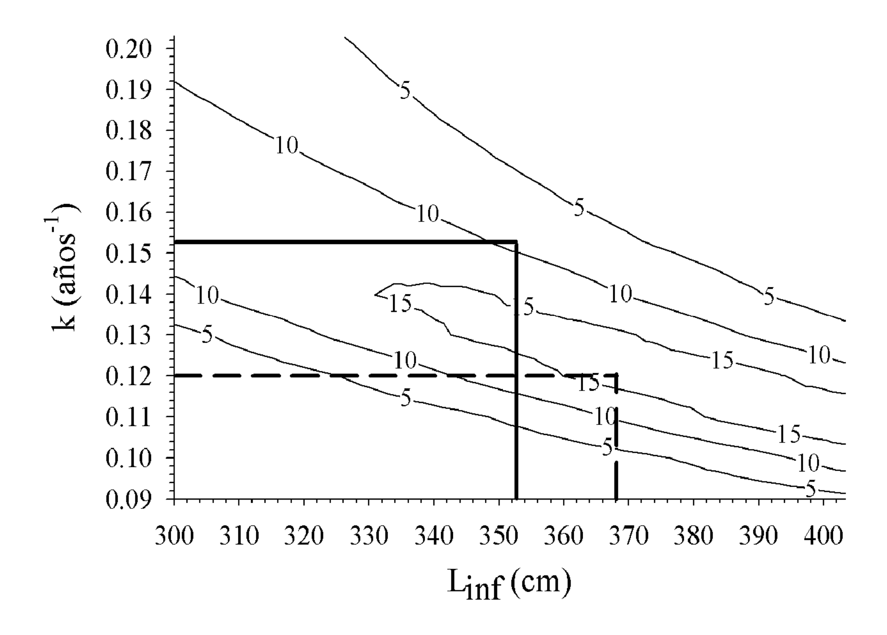


Figura 29.- Contornos de máxima verosimilitud para los parámetros de la ECVB (k y L_∞) para los tiburones hembras de Michoacán, el intercepto de las líneas continuas corresponde a la ECVB propuesta por Anislado y Robinson (2001), mientras que el intercepto de las líneas punteadas corresponde al modelo obtenido en el presente trabajo.

Machos

La curva de crecimiento obtenida en este estudio (Figura 30) es igual a la propuesta por Anislado y Robinson (2001), los parámetros fueron L_∞= 336.4 cm (±17.03 cm), k= 0.131 años^{-1} (±0.008 años^{-1}) y t_0= -1.091 años (±0.153 años) con una *r*= 0.978 y *P* =0.042, esto se observa en los valores de la máxima verosimilitud ya que se encuentra dentro de los más altos valores (Figura 31).

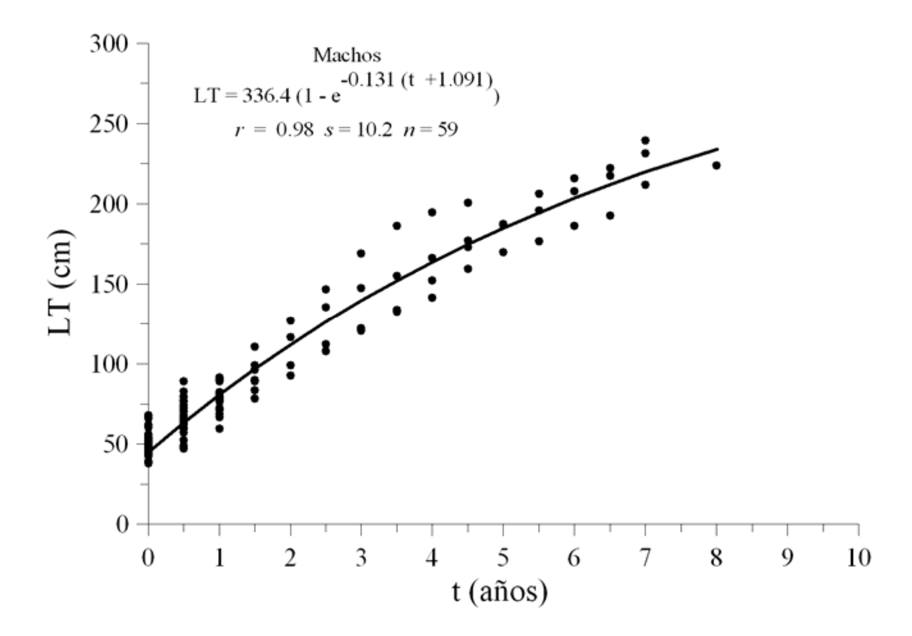


Figura 30.- Curvas de crecimiento para los tiburones machos de Michoacán

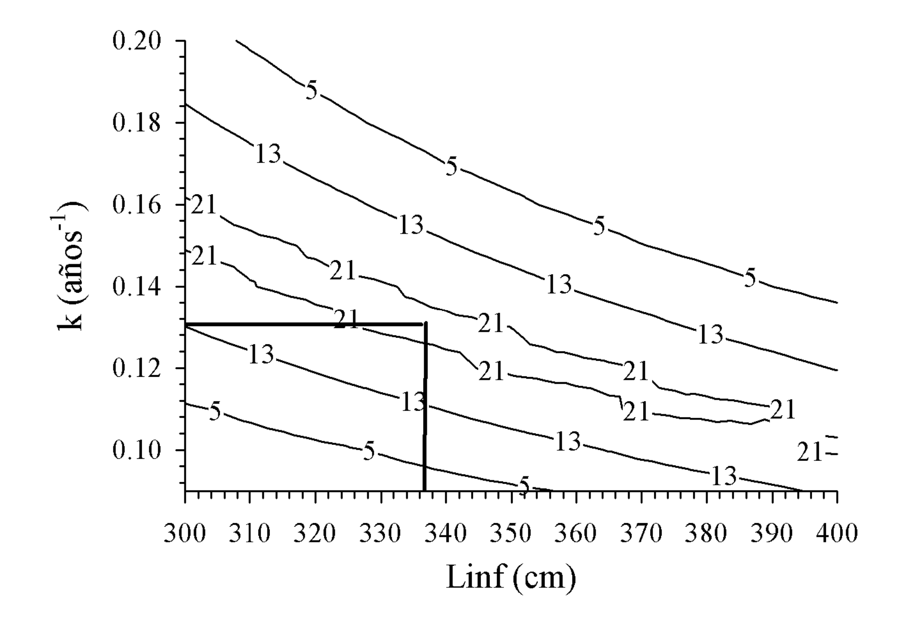


Figura 31.- Contornos de máxima verosimilitud para los parámetros de la ECVB (k y L_∞) para los tiburones machos de Michoacán.

Teacapán, Sinaloa

Datos para hembras y machos juntos

La ecuación de crecimiento derivada del análisis de máxima verosimilitud presenta una L_{∞} de 368.7 cm (±8.9 cm) de longitud total, mientras que la k es de 0.108 $años^{-1}$ (±0.003 $años^{-1}$) y la t_0 de -1.335 años (±0.119 años) con una r= 0.977 y P<0.001 (Figura 32). Los parámetros de la ecuación se encuentran en el intervalo de los valores más altos de la máxima verosimilitud para la especie en la región (Figura 33).

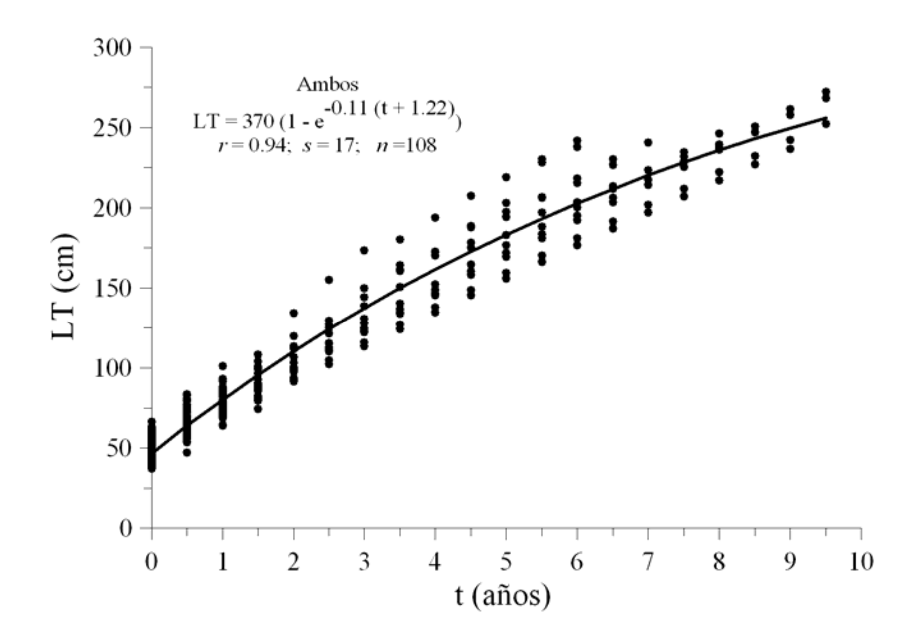


Figura 32.- Curva de crecimiento para los tiburones de ambos sexos de Teacapán, Sinaloa

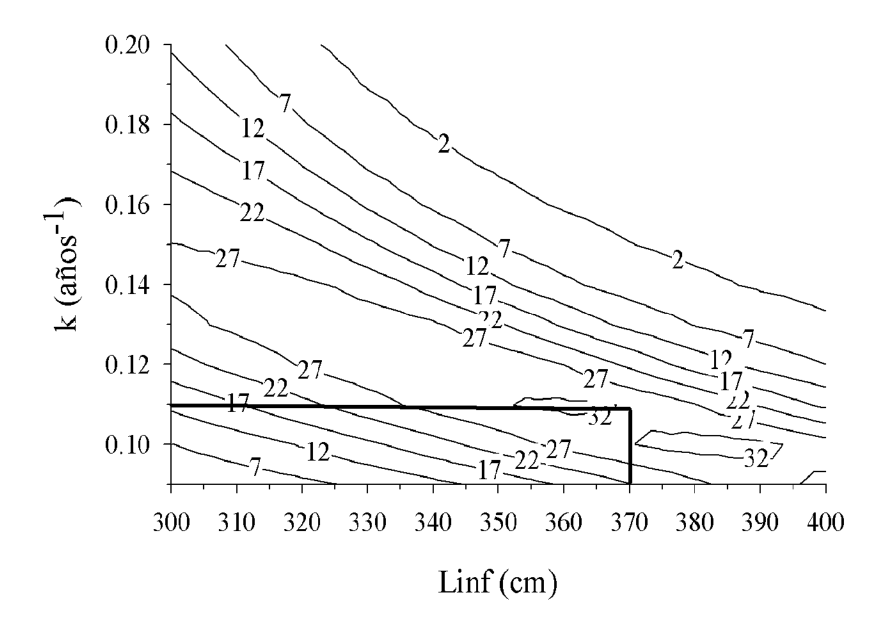


Figura 33.- Contornos de máxima verosimilitud para los parámetros de la ECVB (k y L_∞) para los tiburones de ambos sexo en Teacapán, Sinaloa

Hembras

La ecuación de crecimiento derivada del análisis de máxima verosimilitud presenta una L_∞ de 376 cm. (±19.91 cm) de longitud total, mientras que la k es de 0.1 años^{-1} (±0.006 años^{-1}) y la t_0 de 1.149 años (±0.181 años) con *r*=0.98 y *P* =0.012 (Figura 34) y se encuentra en los valores más altos de verosimilitud (Figura 35).

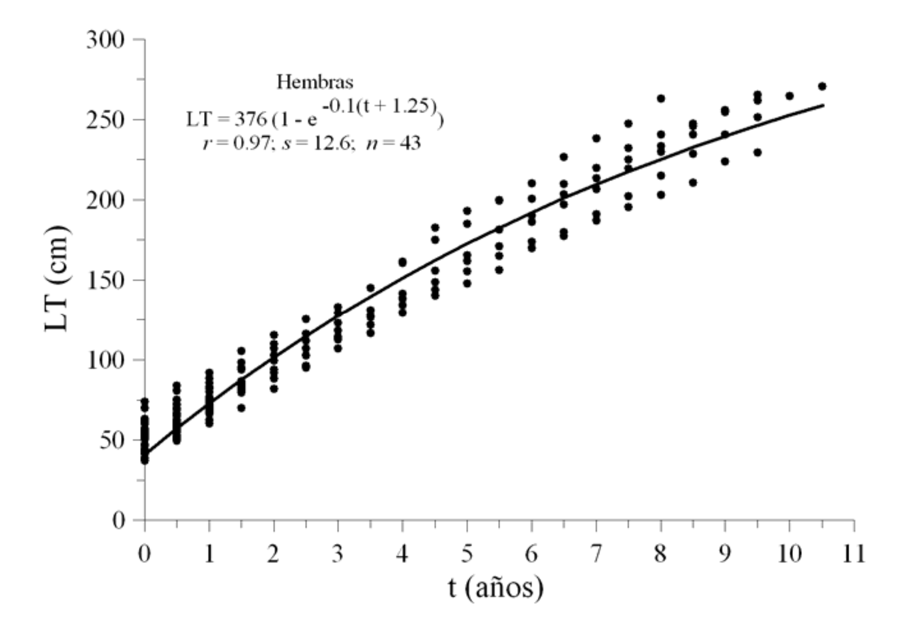


Figura 34.- Curva de crecimiento para las hembras de los tiburones colectados en Teacapán, Sinaloa.

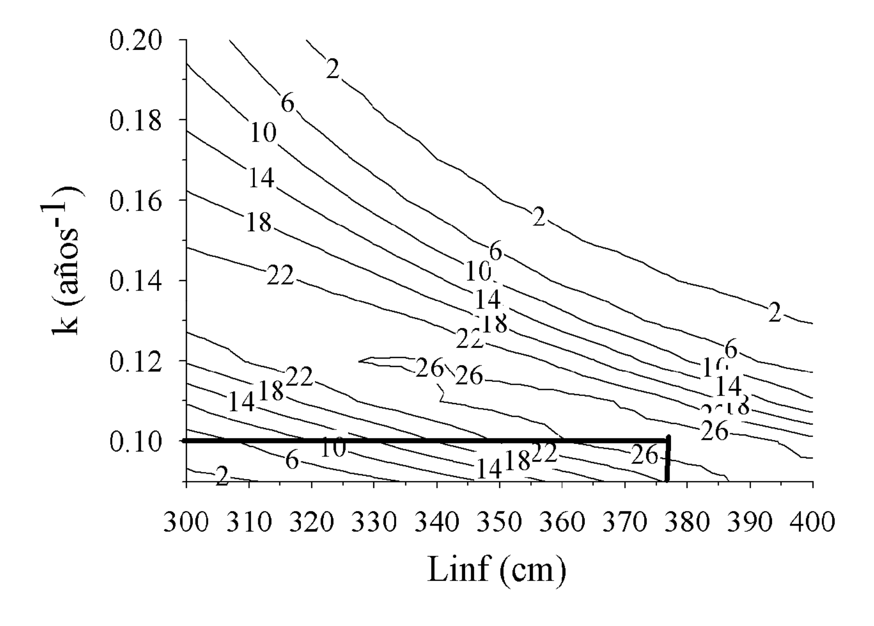


Figura 35.- Contornos de máxima verosimilitud para los parámetros de la ECVB (k y $_{L\infty}$) para las hembras de los tiburones colectados en Teacapán, en Sinaloa

Machos

La ecuación de crecimiento derivada del análisis de máxima verosimilitud presenta una L_∞ de 366 cm (±10.94 cm) de longitud total, mientras que la k es de 0.125 $años^{-1}$ (±0.004 $años^{-1}$) y la t_0 de 1.177 años (±0.1 años) con r = 0.99 y P = 0.011 (Figura 36). Los parámetros de la ecuación se encuentran en el intervalo de los valores más altos de la máxima verosimilitud para la especie en la región (Figura 37).

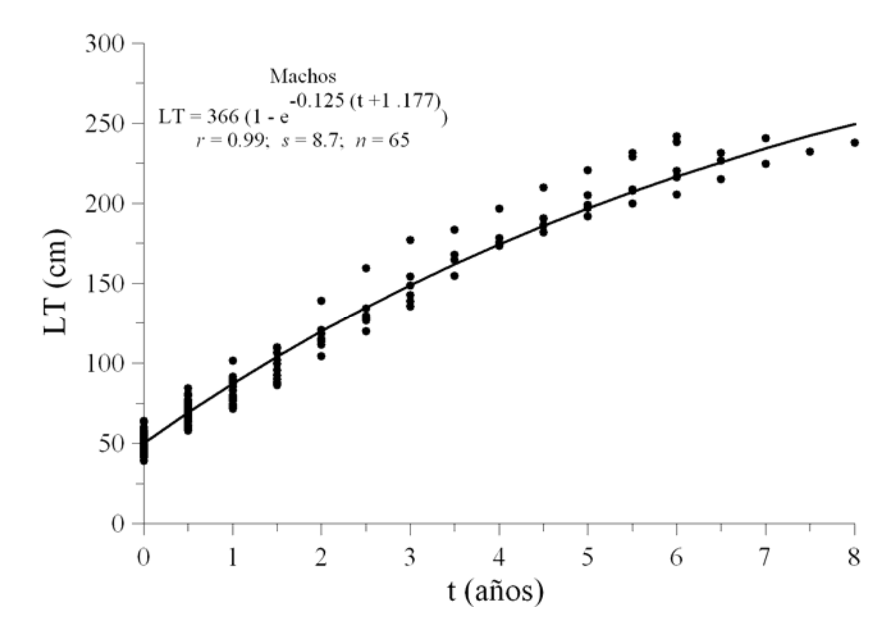


Figura 36.- Curva de crecimiento para los machos de los tiburones colectados en Teacapán, Sinaloa.

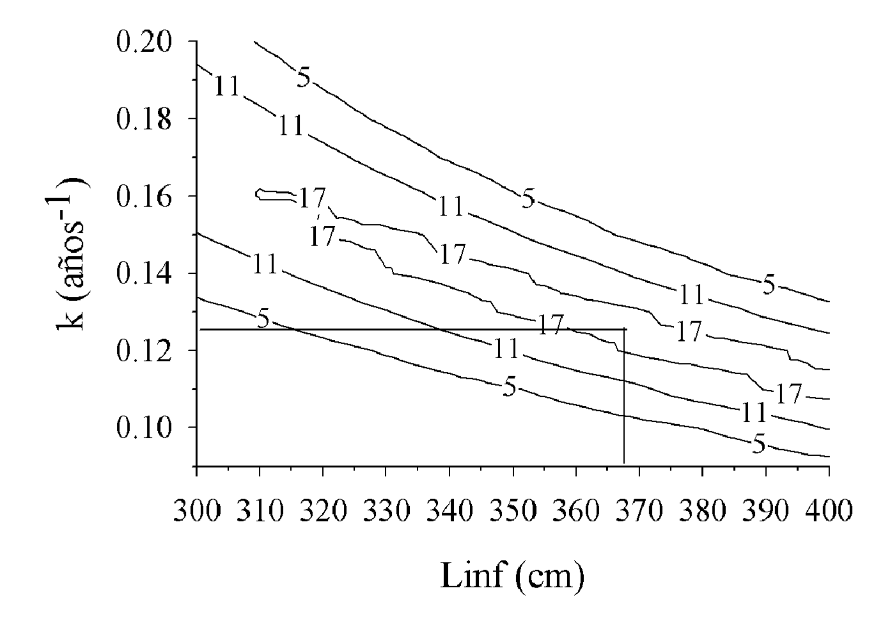


Figura 37.- Contornos de máxima verosimilitud para los parámetros de la ECVB (k y L_{∞}) para los machos de los tiburones colectados en Teacapán, en Sinaloa

Comparación de las curvas de crecimiento

Michoacán hembras vs. machos

La comparación de las curvas de crecimiento para cada sexo obtenidas para la costa michoacana presento diferencias significativas (Tabla 25), se observa de manera grafica que la separación de las curvas se da a los cuatro años, donde los machos disminuyen su crecimiento (Figura 38).

Tabla 25.- Comparación de curvas de crecimiento para los tiburones de Michoacán

	Hembra	Machos	Ambos sexos		
L_∞	368.3	336.4	349	F	3.03
k	0.12	0.131	0.13	*P*	0.05
t_0	-1.02	-1.091	-1.028	g.l.	3, 28
SC	2370.2	172.9	3368.4		
g. l.	16	12	31		

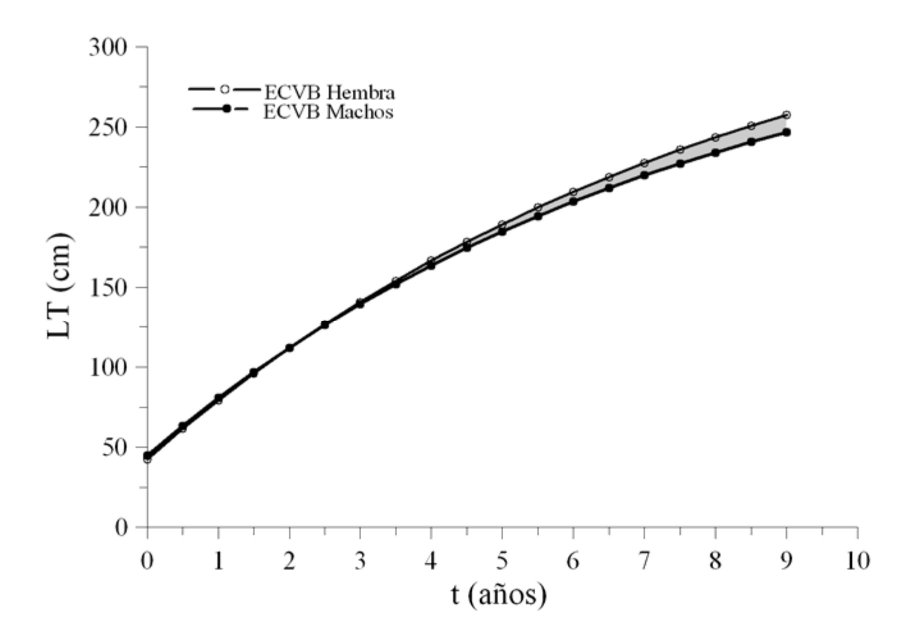


Figura 38.- Representación gráfica de las curvas de crecimiento para cada sexo en la costa michoacana.

Teacapán, Sinaloa, hembras vs. machos

Las curvas obtenidas para ambos sexos para la especie en esta localidad presentan diferencias significativas entre sexos (Tabla 26), observando en la Figura 39 un crecimiento más rápido en los machos

Tabla 26.- Comparación de curvas de crecimiento para los tiburones capturados en Teacapán, Sinaloa

	Hembra	Machos	Ambos sexos		
L_∞	376	366	368.7	F	33.6
k	0.1	0.125	0.108	*P*	< 0.001
t_0	-1.149	-1.177	-1.335	g.l.	3, 33
SC	882.7	584.7	5946		
g.l.	19	14	36		

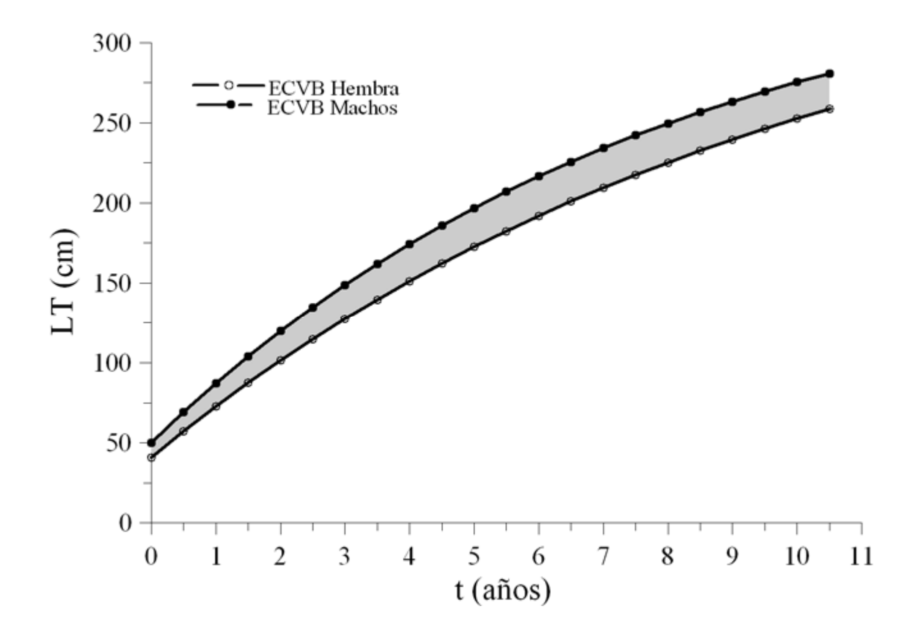


Figura 39.- Representación gráfica de las curvas de crecimiento para cada sexo de los tiburones capturados en Teacapán, Sinaloa.

Ambas localidades

Combinación de hembras y machos

Las ecuaciones de crecimiento para ambos sexos en las dos localidades no mostraron diferencias significativas (Tabla 27), gráficamente se puede observar que es posible usar

una ecuación mancomunada para la especie en ambas regiones (Figura 40) con las debidas precauciones que el caso amerita.

Tabla 27.- Comparación de curvas de crecimiento para ambos sexos de los tiburones de ambas localidades

	Michoacán	Sinaloa	Mancomunada		
L_∞	349	368.7	367.6	F	0.4
k	0.13	0.108	0.11	*P*	0.8
t_0	-1.028	-1.335	-1.225	g.l.	3, 34
SC	2719.1	572.6	3178.2		
g. l.	15	19	37		

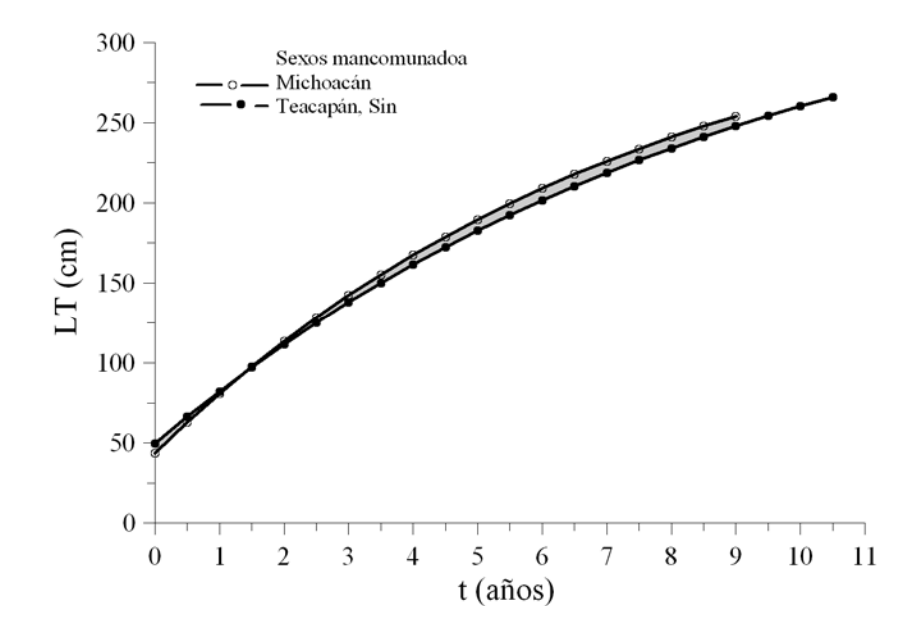


Figura 40.- Representación gráfica de las curvas de crecimiento para ambos sexos en ambas localidades.

Ambas localidades solo hembras

Las curvas de crecimiento para las hembras muestran diferencias significativas (Tabla 28), el crecimiento en las hembras de Michoacán es más rápido que el da las de Sinaloa (Figura 41).

Tabla 28.- Comparación de curvas de crecimiento para las hembras de los tiburones de ambas localidades

	Michoacán	Sinaloa	Mancomunada		
L_∞	368.3	376	373	F	15
K	0.12	0.1	0.11	*P*	<0.0001
t_0	-1.02	-1.149	-1.225	g. l.	3, 34
SC	2089	882.7	6925.918.06		
g. l.	15	19.00	37		

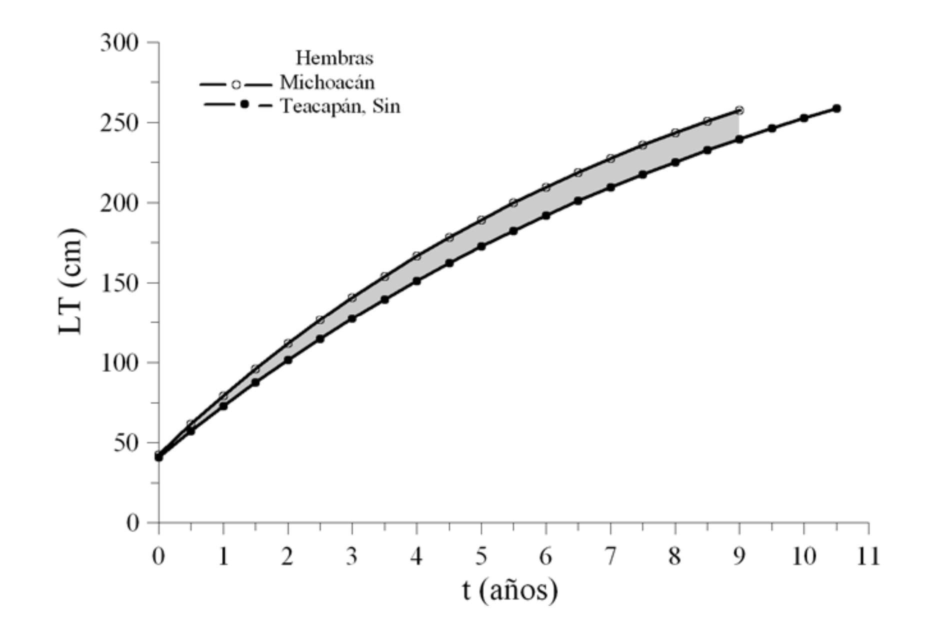


Figura 41.- Representación gráfica de las curvas de crecimiento para las hembras en ambas localidades.

Ambas localidades solo machos

Las curvas de crecimiento entre los machos presento diferencias significativas (Tabla 29), gráficamente se observa que los machos de *S. lewini* capturados en Sinaloa son más grandes que los capturados en Michoacán (Figura 42).

Tabla 29.- Comparación de curvas de crecimiento para los machos sexos de los tiburones de ambas localidades.

	Michoacán	Sinaloa	Mancomunada		
L_∞	336.4	366	373.87	F	11.6
k	0.131	0.125	0.113	*P*	0.0005
t_0	-1.091	-1.177	-1.343	g. l.	3, 26
SC	172.9	584.7	1771.3		
g. l.	12	14	29		

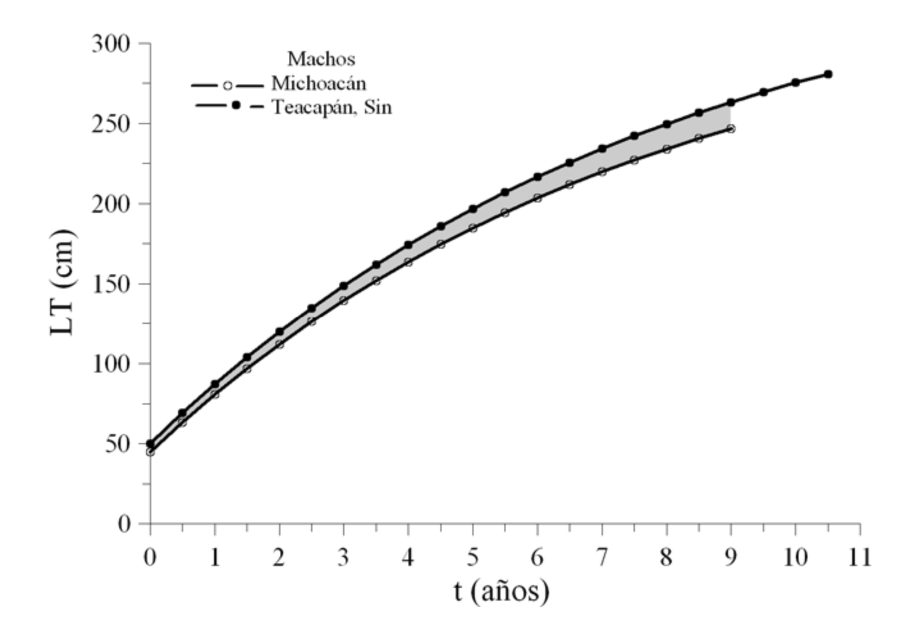


Figura 42.- Representación gráfica de las curvas de crecimiento para los machos en ambas localidades.

Estimación del índice de crecimiento estándar (ϕ´)

El estimador de ϕ´ presenta valores coincidentes en las nueve curvas estimadas (Tabla 30), el análisis del intervalo de tolerancia de los valores sugiere que la especie en un 99% presenta un intervalo de 4.08 a 4.29 con una confiabilidad del 95 en los valores de ϕ´.

Tabla 30.- Valores de ϕ' para las curvas de crecimiento estimadas en este estudio

	Localidad	L_∞	K	t_0	ϕ'
Ambos sexos	Michoacán	349	0.13	-1.028	4.2
	Sinaloa	368.7	0.108	-1.335	4.17
	Mancomunada	367.6	0.11	-1.255	4.17
Hembras	Michoacán	368.3	0.12	-1.02	4.21
	Sinaloa	376	0.1	-1.149	4.15
	Mancomunada	373	0.11	-1.225	4.19
Machos	Michoacán	336.4	0.131	-1.091	4.17
	Sinaloa	366	0.125	-1.177	4.22
	Mancomunada	373.9	0.113	-1.343	4.2
Promedio de ϕ'	4.2	s	0.03	CV	0.6

Relación peso-longitud

Michoacán

Para este estado no se pudo obtener el peso eviscerado, ya que el proceso de mercadeo en playa de estos animales es muy rápido. Sin embargo se estimó que la biomasa individual descartada por animal al eviscerarlo es de aproximadamente un 25 por ciento del peso total del animal (n = 8, intervalo de longitud total 49 a 180 cm., CV = 20%).

Hembras y machos peso total vs. longitud total

El resultado de la regresión peso-longitud de los sexos combinados (Figura 43) nos indica que ambas variables tienen un crecimiento isométrico (b cerca de 3) (F =1.2, P = 0.32, g.l. = 3,70).

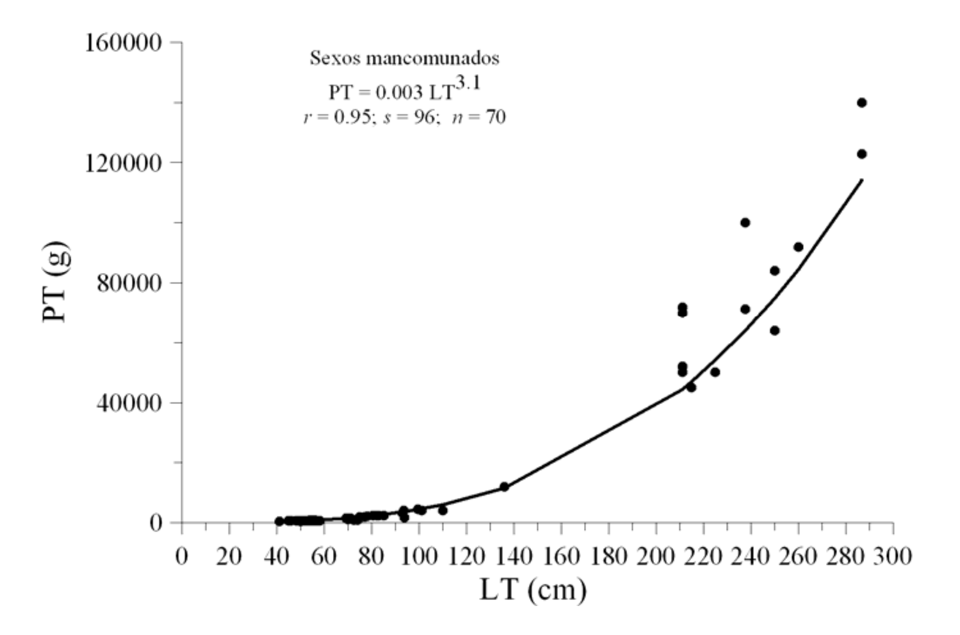


Figura 43.- Curva de la relación peso-longitud para ambos sexos del tiburón martillo en la costa michoacana.

Hembras

La relación del peso y longitud (Figura 44) para hembras presentó también una tendencia isométrica (b = 3.13) (F = 1.35, *P* = 0.28, g.l. = 3,25).

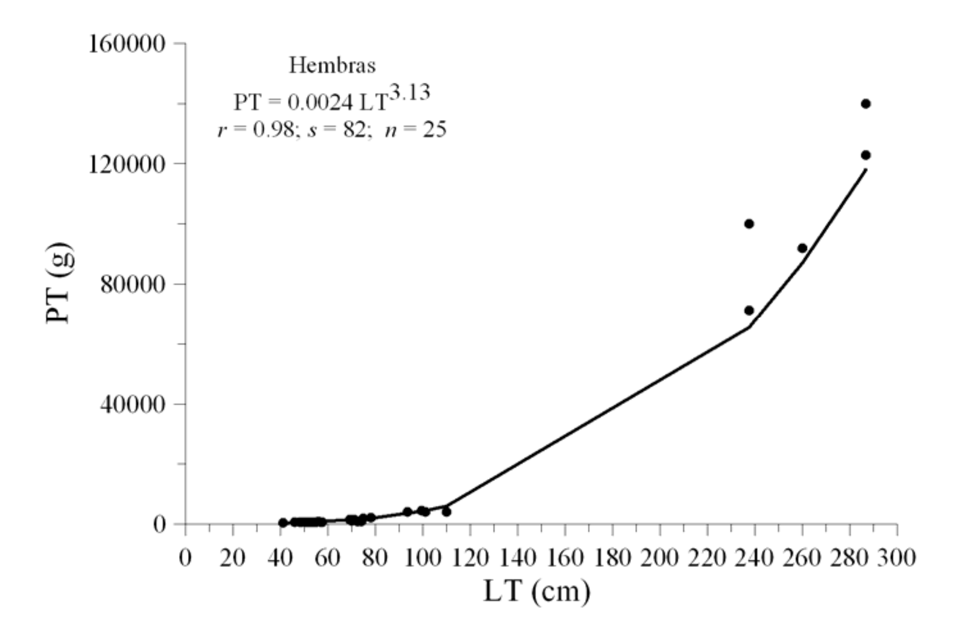


Figura 44.- Curva de la relación peso-longitud para las hembras del tiburón martillo en la costa michoacana.

Machos

La curva de esta relación en los machos (Figura 45) presentó también una tendencia isométrica (b = 3.042) (F = 1.16, P = 0.34, g.l. = 3, 45).

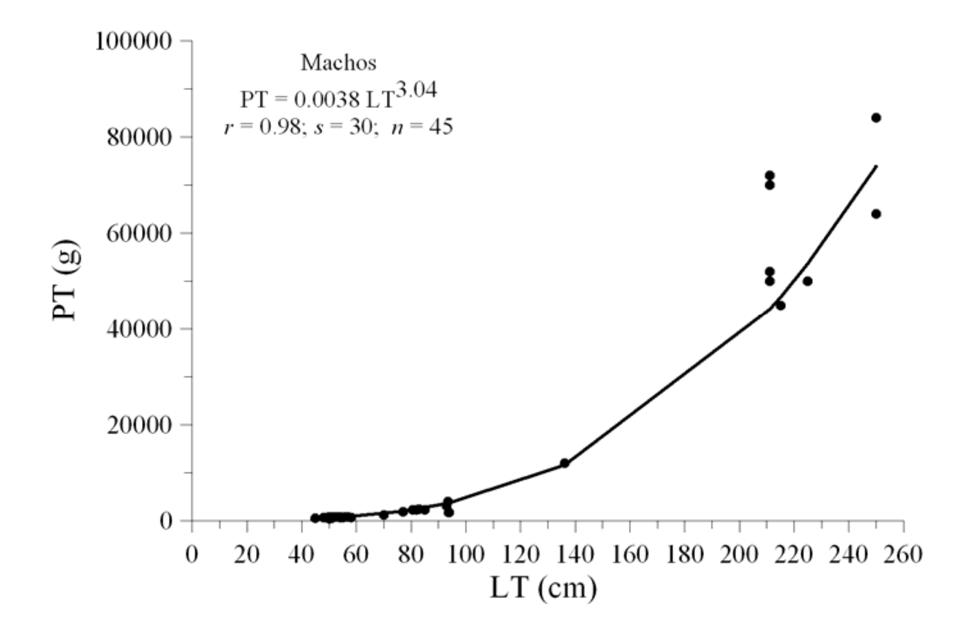


Figura 45.- Curva de la relación peso-longitud para los machos del tiburón martillo en la costa michoacana.

Comparación de las curvas de peso-longitud entre hembras y machos

La comparación de las curvas de peso-longitud entre sexos mostró diferencias significativas (F = 3.6, *P* = 0.016, g.l.=3,90).

Teacapán, Sinaloa

Para esta localidad se pudo obtener el peso total y eviscerado de 73 individuos con un intervalo de longitud de 58 a 94 cm. (promedio de 68.9 cm. y desviación estándar de 7.52), encontrando que la perdida de biomasa al ser eviscerados es de 18 al 27 % con un promedio de 21.5 % y coeficiente de variación de 16.45%.

Hembras y machos peso total vs. longitud total

La curva de la relación peso-longitud de los sexos combinados (Figura 46) fue isométrica (b = 3.09) (F = 1.029, P = 0.38, g.l. = 3, 323).

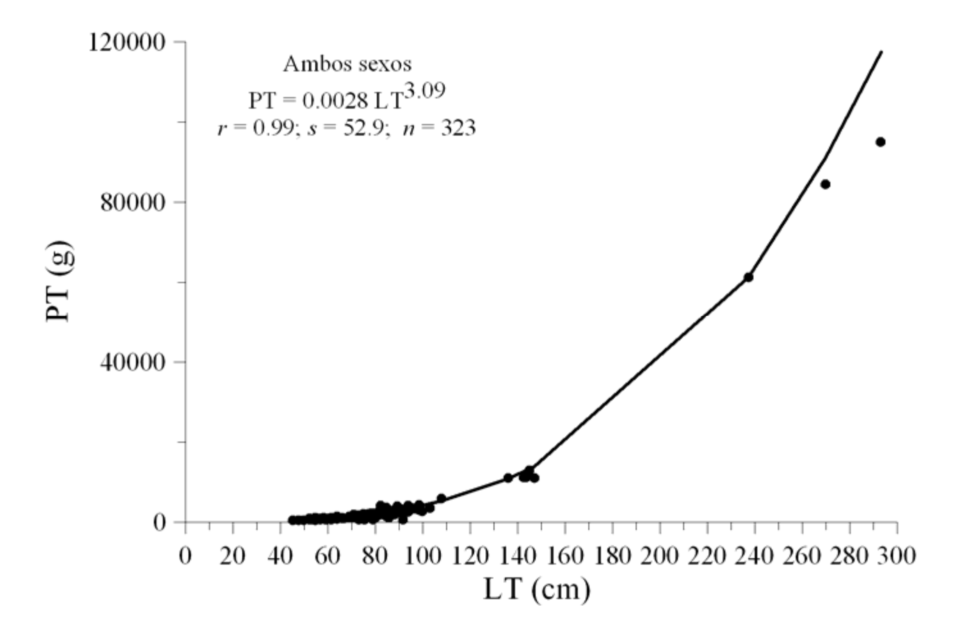


Figura 46.- Curva de la relación peso-longitud para ambos sexos del tiburón martillo en Teacapán, Sinaloa

Hembras

La relación del peso y longitud (Figura 47) fue netamente isométrica (b = 3)

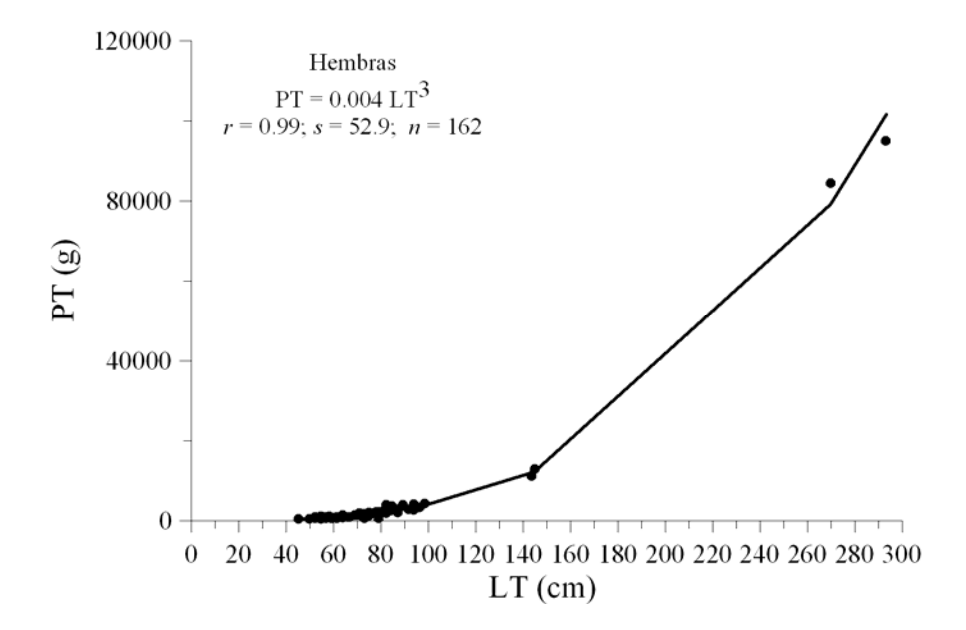


Figura 47.- Curva de la relación peso-longitud para las hembras del tiburón martillo en Teacapán, Sinaloa

Machos

La curva de esta relación en los machos (Figura 48) presentaron también una tendencia isométrica (b = 3.12) (F = 1.12, *P* = 0.34, g.l. = 3,33).

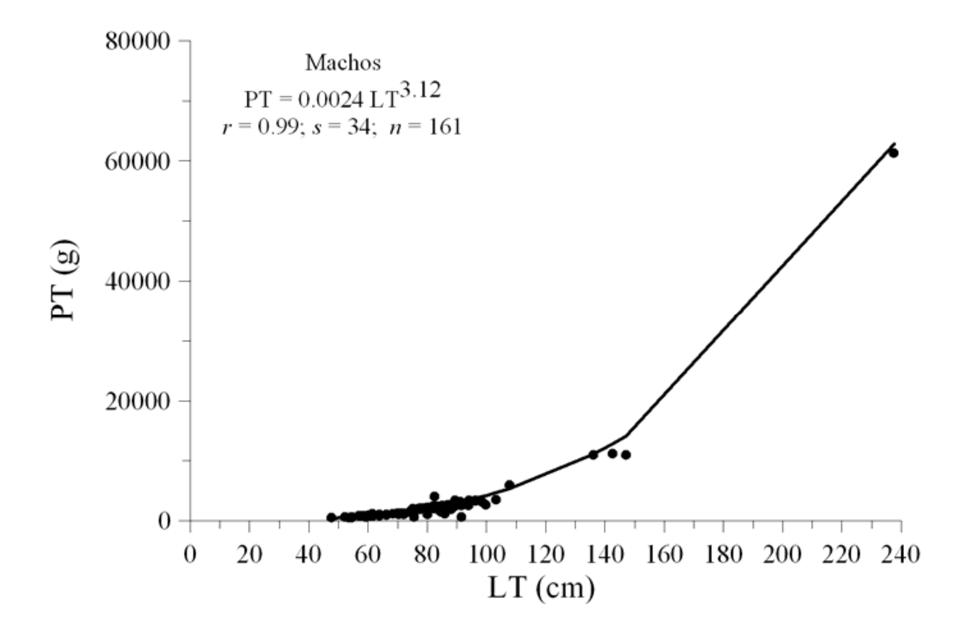


Figura 48.- Curva de la relación peso-longitud para los machos del tiburón martillo en Teacapán, Sinaloa

Comparación de las curvas de peso-longitud entre hembras y machos

La comparación de las curvas de peso-longitud entre sexos no mostró diferencias significativas (F = 1.627, P = 0.19, g.l.=3,101).

Comparación de las curvas de peso total –longitud total entre localidades

Ambos sexos

Las curvas para ambos sexos entre localidades presentaron diferencias significativas (F= 24.2, P < 0.0001, g.l.= 3,196)

Hembras

La curvas para las hembras de ambas localidades presentaron diferencias significativas (F=17.4, P = < 0.0001, g.l.=3,108)

Machos

Las curvas para los machos de ambas localidades presentaron diferencias significativas (F= 5.1, P = 0.003, g.l.=3,83).

Relación del peso total con la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy.

Michoacán

Ambos sexos

Los sexos combinados presentaron un peso infinito (P_∞) de 209,147 gramos (Figura 49).

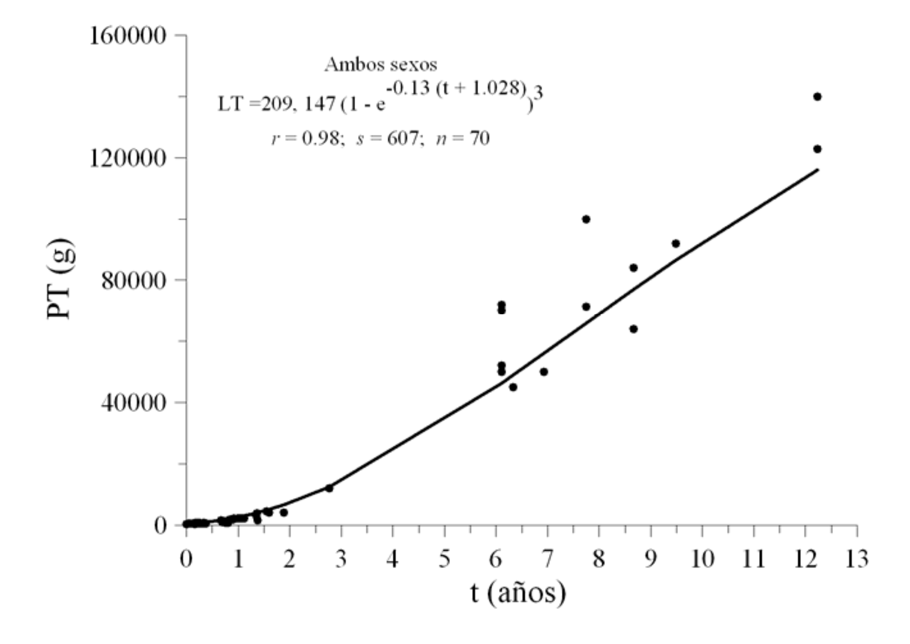


Figura 49.- Curva crecimiento de von Bertalanffy para el peso para ambos sexos del tiburón martillo en la costa michoacana.

Hembras

El peso infinito (P_∞) estimado para las hembras de este estado fue de 258,477 gramos (Figura 50).

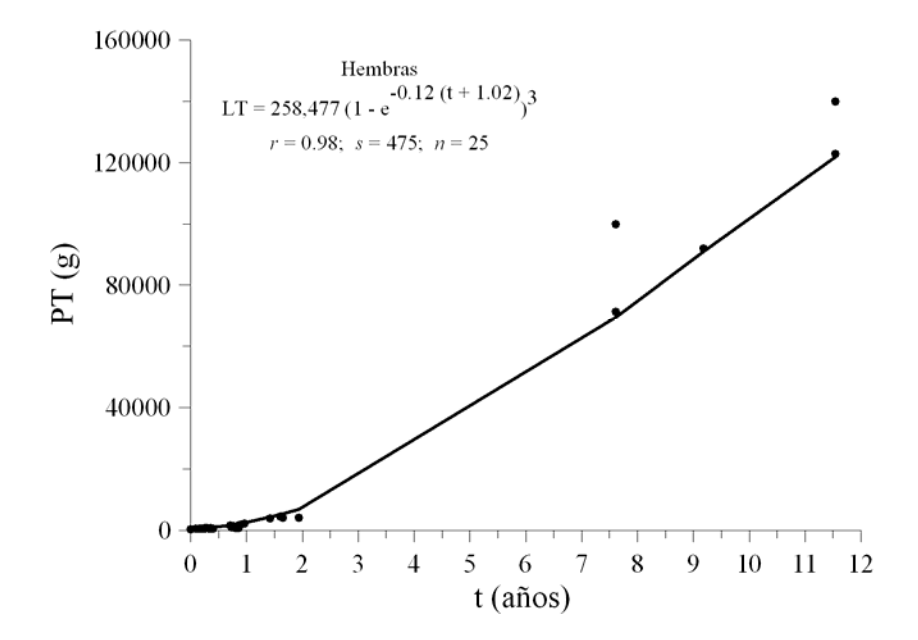


Figura 50.- Curva crecimiento de von Bertalanffy para el peso para las hembras del tiburón martillo en la costa michoacana.

Machos

Los machos presentan un peso infinito (P_∞) de 182, 275 gramos (Figura 51).

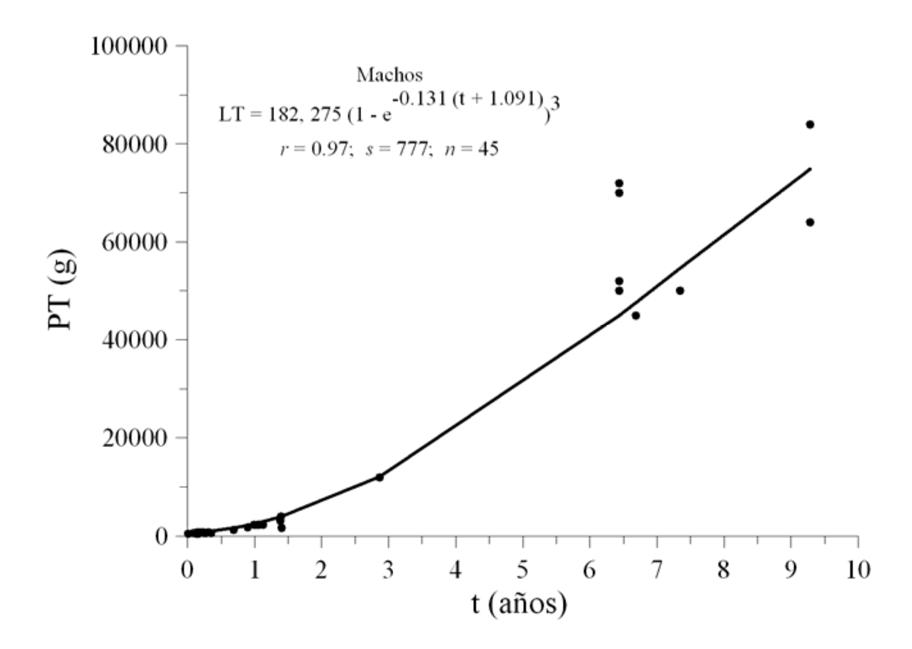


Figura 51.- Curva crecimiento de von Bertalanffy para el peso para los machos del tiburón martillo en la costa michoacana.

Comparación de las ECVB en peso para hembras y machos

Se presentaron diferencias significativas entre los machos y hembras (F = 4.631, *P* = 0.005. g. l.=3,90)

Teacapán, Sinaloa

Ambos sexos

Los sexos combinados presentaron un peso infinito (P_∞) de 238,879 gramos (Figura 52).

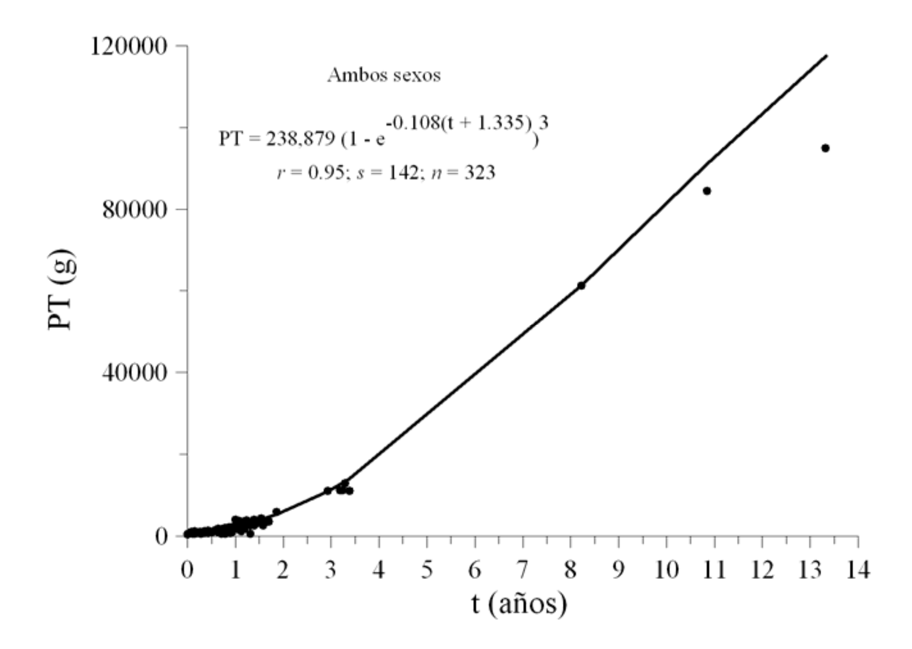


Figura 52.- Curva crecimiento de von Bertalanffy para el peso para ambos sexos del tiburón martillo en Teacapán, Sinaloa

Hembras

El peso infinito (P_{∞}) estimado para las hembras de este estado fue de 214,025 gramos (Figura 53).

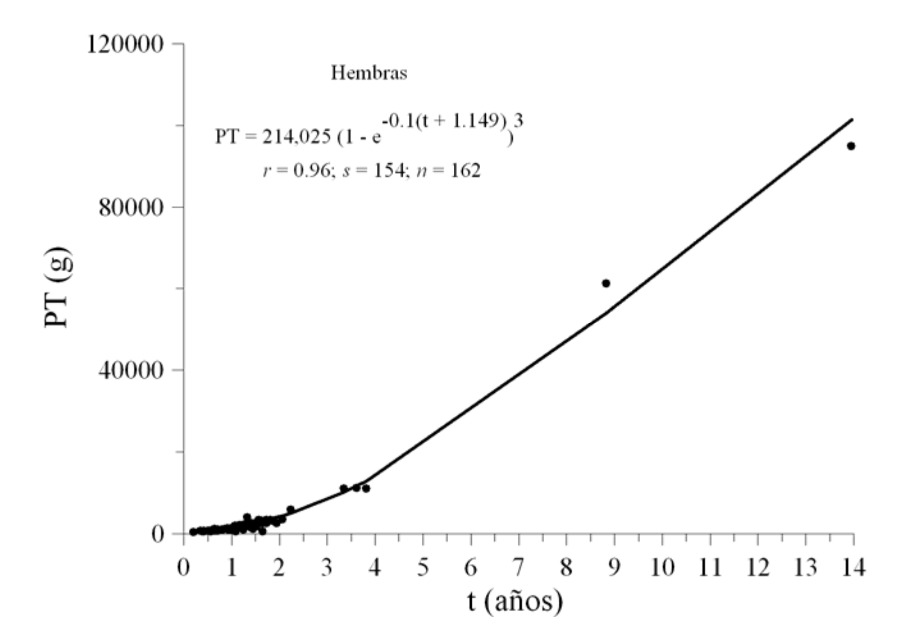


Figura 53.- Curva crecimiento de von Bertalanffy para el peso para las hembras del tiburón martillo en Teacapán, Sinaloa

Machos

Los machos presentan un peso infinito (P_∞) de 241,868 gramos (Figura 54).

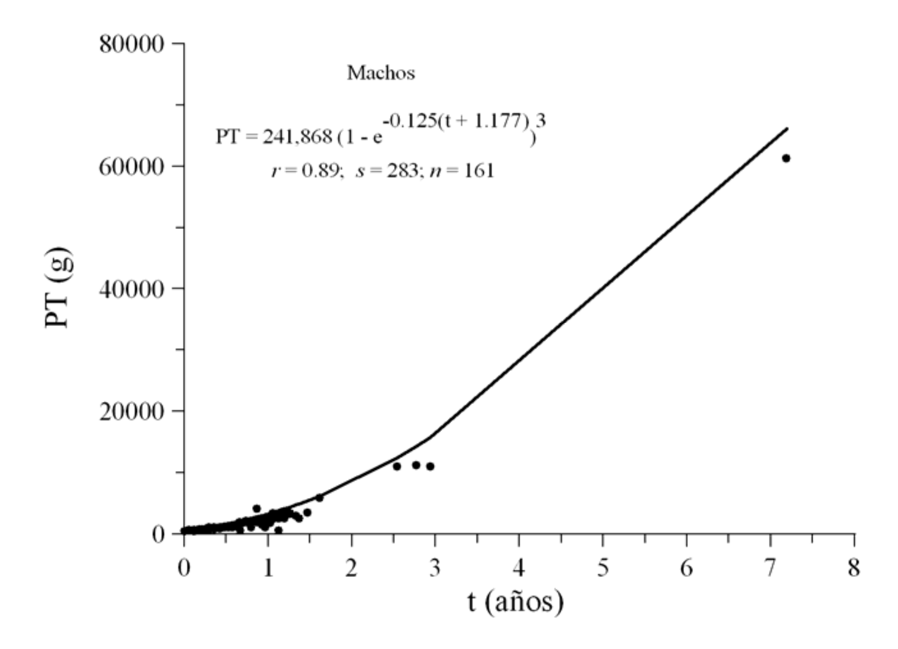


Figura 54.- Curva crecimiento de von Bertalanffy para el peso para los machos del tiburón martillo en Teacapán, Sinaloa

Comparación de las ECVB en peso para hembras y machos

Se presentaron diferencias significativas entre los machos y hembras (F=5.7, *P* =0.001, g. l.=3, 101)

Comparación de las ECVB en peso entre localidades

Ambos sexos

Las curvas para ambos sexos entre localidades presentaron diferencias significativas (F = 77.75, *P* <0.0001, g.l.= 3, 197)

Hembras

La curvas para las hembras de ambas localidades presentaron diferencias significativas (F=5.6, *P* =0.001, g.l.=3,108)

Machos

Las curvas para los machos de ambas localidades no presentaron diferencias significativas (F=2.3, *P* =0.08, g.l.=3, 83). Sin embargo no puede ser considerada la ecuación mancomunada: $PT = 241{,}237(1 - e^{-0.113(t + t_0)})^3$, debido a la diferencia entre las ecuaciones de crecimiento en longitud.

Aspectos reproductivos

Proporción de sexos

De manera general, los machos superan en número a las hembras durante el mes de junio (Tabla 31), que es el mes donde aparecen las señales de apareamiento como son las marcas de cortejo en las hembras y los moretones en el mixopterígio y la presencia macroscópica de semen en los machos.

Tabla 31.- Proporción sexual de machos: hembras para ambas localidades de muestreo por mes de colecta y prueba de χ^2 de Yates para confrontación con una proporción 1:1. (S.C. sin captura, N.A. no aplica)

Mes	Sur de Sinaloa		Michoacán	
	Proporción sexual	*P* (χ^2 Yates)	Proporción sexual	*P* (χ^2 Yates)
Enero-Febrero 2003	0.8:1	0.7	S. C.	N.A.
Abril 2003	1:1	0.8	0.3:1	0*
Junio 2003	3.2:1	0*	1.2:1	0.4
Noviembre 2003	1.3:1	0.21	S.C..	N.A.
Febrero 2004	1:1	0.8	0:2	0*
Abril 2004	1.1:1	0.6	0:2	0*
Mayo 2004	S.C.	N.A.	2:0	0*
Agosto-Septiembre 2004	1.2:1	0.4	0.31:1	0*
Noviembre 2004	0.62:1	0.03*	1:1	0.8
Enero 2005	S.C	N. A	0.5:1	0.003*
TOTAL	1:1	0.8	1:1	0.8

Las proporciones sexuales en el sur de Sinaloa son muy similares a la proporción 1:1 excepto durante la época de apareamiento (junio 2003), donde los machos abundaron sobre las hembras y en noviembre de 2004 donde abundaron las hembras en la pesca de redes agalleras de 6 pulgadas de abertura de malla, mostrando un comportamiento más costero. Por otro lado en el stock de Michoacán se encontraron diferencias significativas entre la proporción de sexos en casi todos los muestreos. Dominando los machos sobre las hembras, excepto noviembre de 2004 donde hubo una cerca de 1:1.

Para los embriones en ambas localidades se encontró un promedio de 24 a 34 crías en proporción de 1.2:1 machos hembras, sin que difiera de teórico de 1:1 (*P* = 0.4).

Talla de madurez sexual

Michoacán

Hembras

La talla de madurez sexual de tiburones hembras en los muestreos de Michoacán, no se pudo determinar de manera directa debido a que solo se encontró una hembra madura de 260 cm. de LT con 11 embriones machos y 9 embriones hembras, más 15 cámaras placentarias vacías. Sin embargo la talla de madurez sexual estimada por medio del modelo de Grimes (1987) fue de 201 cm, que de acuerdo con la ecuación de crecimiento propuesta en este trabajo no arroja una edad estimada de 5.5 años.

Machos

Para los machos, se observó que la talla de máxima dispersión de la proporción del mixopterígio (Figura 55) se encuentra en los 175 cm. donde se ubico al macho maduro más pequeño con una edad estimada de 4.6 años.

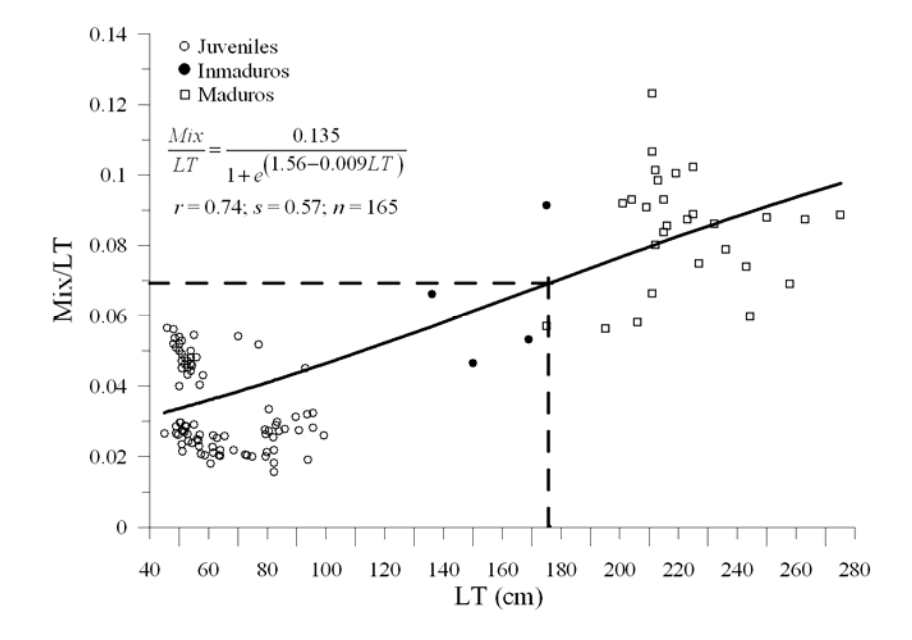


Figura 55.- Relación de la proporción del mixopterígio (Mix/LT) con la longitud total (LT) para los machos colectados en Michoacán

Teacapán, Sinaloa

Hembras

En esta localidad, las hembras grávidas se encontraron dentro de un intervalo de 255 a 276 cm. de LT. No se encontraron hembras con indicios de óvulos maduros pero si de hembras preñadas, por lo que se siguió la línea de tendencia de los promedios en longitud de los estados de madurez observando una longitud teórica de 205 cm (Figura 56). Por otro lado, la estimación de esta longitud con el modelo de Grimes (1987) fue de 204 cm. con una edad de 6.6 años calculada con la ecuación de crecimiento propuesta en este trabajo.

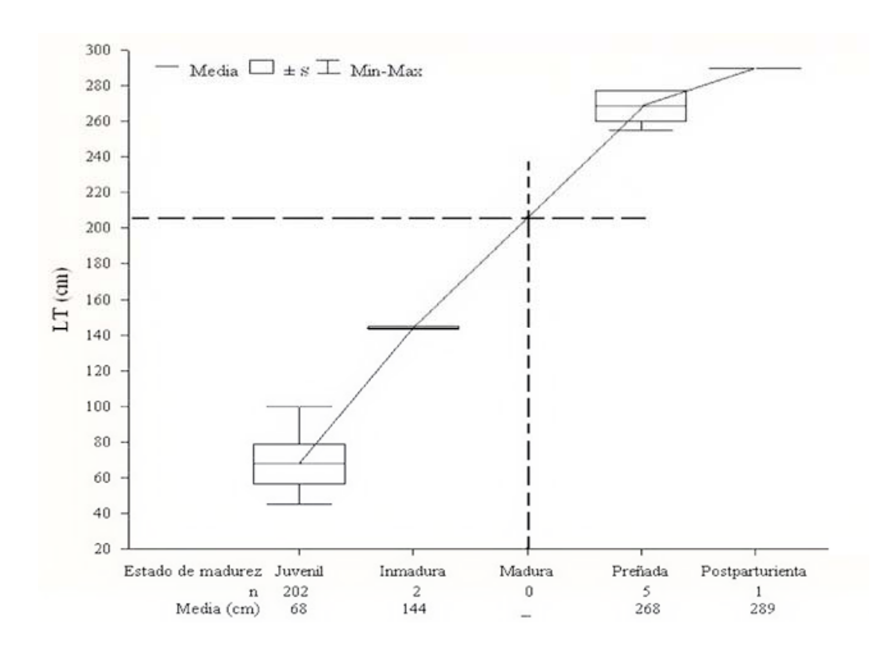


Figura 56.- Línea de tendencia del promedio de las tallas en los estados de madurez sexual para las hembras de Sinaloa.

Machos

Para los machos se encontró que existe un intervalo de tallas de machos inmaduros de 136 a 143, y de un intervalo de organismos maduros de 194 a 268 cm. Con base en la curva logística de la relación de la proporción del mixopterígio y LT, se estimó una longitud de primera madurez de 170 cm, con una edad de 4 años (Figura 57).

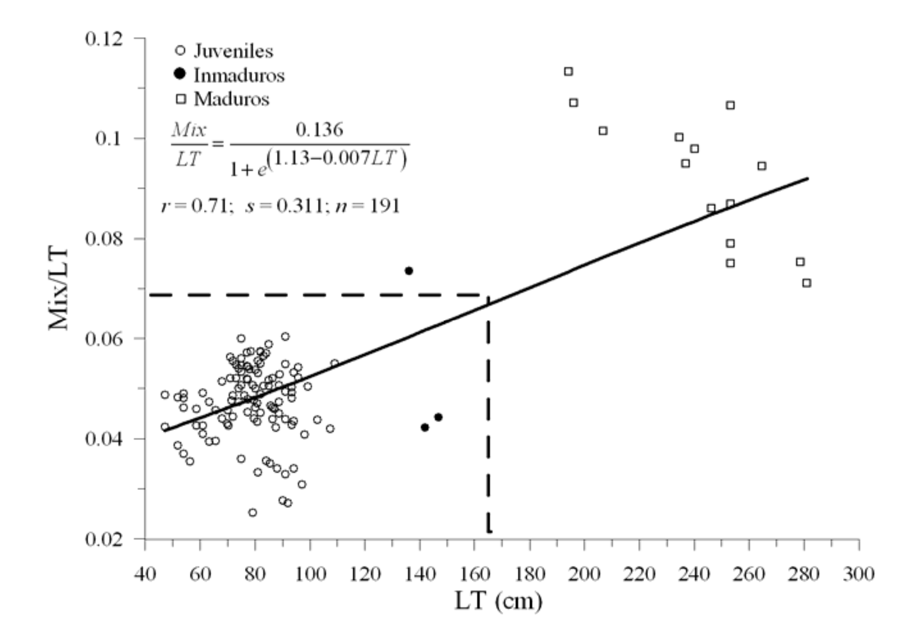


Figura 57.- Relación de la proporción del mixopterígio (Mix/LT) con la longitud total (LT) para los machos colectados en el sur de Sinaloa

Comparación de la longitud de madurez entre las localidades

Las tallas estimadas de madurez sexual para este trabajo para ambas regiones no difieren significativamente (χ^2 Yates = 0.07, P = 0.8), de la misma manera no se encontraron diferencias significativas entre las edades de primera madurez sexual (χ^2 Yates = 1, P = 0.32).

Talla al nacer

En ambas localidades no se observaron embriones en desarrollo, los embriones observados en Michoacán se encontraban en el intervalo de los 45 cm. a los 51 cm. (5 hembras y 11 machos), mientras que para Sinaloa el intervalo fue de 46 a 53 cm. de longitud total (70

hembras y 74 machos). Para ambas localidades se consideró que estos embriones se encontraban en fase terminal, esto es, casi a punto de nacer.

Michoacán

Por medio del análisis de 4 hembras y 5 machos neonatos, se estimó que la talla de nacimiento es entre 49 y 54 cm de LT.

Hembras

No hubo diferencias significativas entre distribución de las tallas de neonatos y embriones terminales hembras (prueba de Kolmogorov-Smirnov, K-S =0.989, DN = 0.75,. P = 0.3). Las tallas de nacimiento determinadas por el intervalo de sobre-lapamiento de las tallas fue de 46 a 50 cm. en las hembras.

Machos

La distribución de tallas presentó diferencias significativas entre neonatos y embriones terminales (prueba de Kolmogorov-Smirnov, K-S = 1.36, DS = 1, P = 0.047), se observa como una continuidad las tallas de 45 a 51 cm entre los embriones terminales y los neonatos.

No se encontraron diferencias significativas entre las tallas de nacimiento de las hembras y de los machos (χ^2 de Yates, P = 1), por lo que se considera que la talla de nacimiento se encuentra entre los 45 a 51 cm. de LT.

Teacapán, Sinaloa

Para Sinaloa el intervalo de tallas de los neonatos fue de 49 a 56 cm. de longitud total (4 hembras y 4 machos).

Hembras

No se encontraron diferencias significativas entre las tallas de neonatos y embriones terminales (Kolmogorov-Smirnov, K-S = 1.18, DN = 0.75, P = 0.16) El intervalo de talla para el nacimiento estimado fue de 48 a 54 cm. de LT.

Machos

Las LT de los machos neonatos de esta localidad presentan una distribución muy similar a los embriones terminales machos (Kolmorogov-Smirnov, K-S = 0.8, DN = 0.418, P = 0.56). El intervalo estimado de nacimiento fue de 47 a 50 cm. de longitud total (

No se encontraron diferencias significativas entre las tallas de nacimiento de las hembras y de los machos (χ^2 de Yates, P = 0.956), por lo que se considera que la talla de nacimiento es de 47a 54 cm. de LT.

Comparación de las tallas de nacimiento en ambas localidades

Las tallas de nacimiento no difieren entre las localidades (χ^2 de Yates, $P = 0.939$), por lo que se considera un intervalo de 45 a 54 cm. de longitud total.

Fecundidad

Michoacán

En esta localidad no se pudo estimar la fecundidad debido a que solo se colectó una hembra de 260 cm. de LT con 11 embriones machos y 9 hembras más 15 cámaras placentarias vacías. Se acepta la relación propuesta por Anislado, (2000), donde se proporciona la siguiente función lineal entre el número de crías y la longitud total de la madre (LT):

Número de crías = -11.52 + 0.166 LT

Teacapán, Sinaloa

Solo cinco hembras preñadas fueron colectadas en esta localidad, y eran individuos con marcas de apareamiento repetitivas por lo que no se pudo establecer la relación de longitud de la madre y la longitud o número de crías (Tabla 32).

Tabla 32.- Datos de las hembras preñada colectadas en Sinaloa

LT de la madre	Embriones totales	Número de embriones		cámaras placentarias vacías	Proporción sexual	LT promedio de embriones	
		Hembras	Machos			Hembras	Machos
255	37	17	17	3	1:1	46	45
255	36	17	17	2	1:1	49	45
269	33	16	8	9	2:1*	52	50
269	37	6	18	13	1:3*	53	50
276	33	14	14	5	1:1	53	50

Debido a este comportamiento, se analizó entonces el número total de los embriones a través de la prueba de Dixon (Kanji, 1999) para la identificación de datos aberrantes, no encontrando diferencias significativas (P > 0.05) con respecto al promedio ($\overline{X} = 35$ embriones, s = 2.05). A través del análisis de los límites de tolerancia se estimó que el intervalo del número de crías es de 22 a 48 crías por parto con una confiabilidad del 95% para un 99% de la población, lo que puede indicar de manera indirecta un incremento del número de embriones conforme aumenta la talla de la madre. Interpolando los datos encontrados con la hipótesis de que la longitud de primera madurez de las hembras (205 cm.) tendrá el número mínimo de embriones por parto (22 crías) se encuentra una tendencia lineal entre la longitud total y el número de crías (Figura 58).

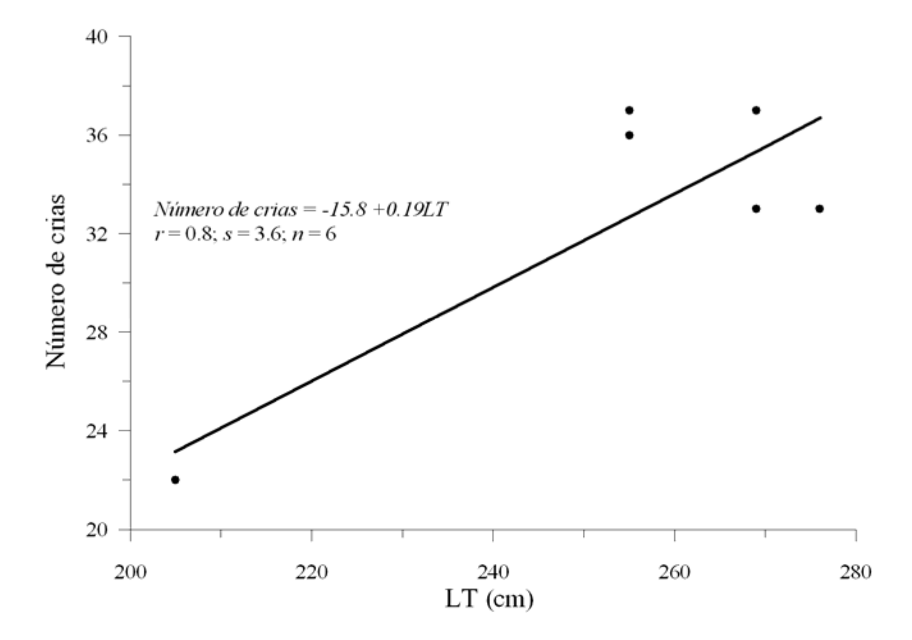


Figura 58.- Relación hipotética del número de crías y la LT de la madre para los tiburones martillo hembras de Teacapán, Sinaloa.

La prueba de Dixon (Kanji, 1999) para datos aberrantes aplicado a la proporción sexual excluyó a los valores de 0.3:1 y 0.5:1 ($P > 0.05$), por lo que se considera que la proporción sexual hembras-machos es de 1:1 Por otro lado, se observó que la talla de los embriones terminales aumenta de manera lineal con la longitud de la madre (Figura 59).

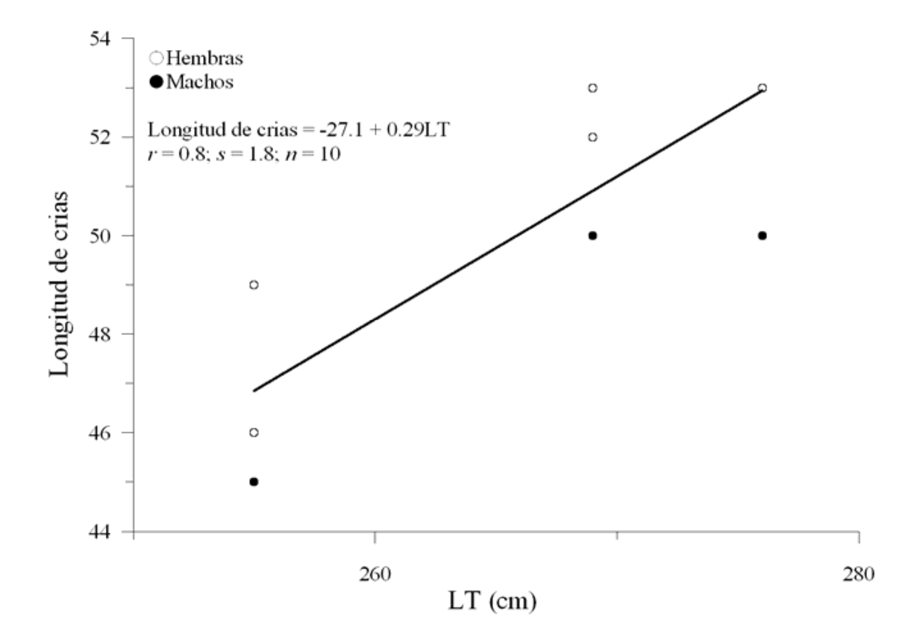


Figura 59.- Relación del tamaño del embrión terminal y la longitud de la madre para los tiburones martillo colectadas en la costa de Sinaloa

Periodo de gestación, temporada de apareamiento y parto

Michoacán

Con un numero de muestra de 70 animales de los cuales la mayoría (> 70 %) fueron juveniles no fue posible determinar los periodos de gestación y temporadas de apareamiento y parto, por los que para los siguientes análisis se utilizó la propuesta de Anislado y Robinson (2001).

Teacapán, Sinaloa

Por medio de la distribución temporal de los estados de madures, incluyendo a los neonatos (Figura 60, $n =$ 532), se observó que las hembras preñadas aparecen en el mes de junio,

mientras que los neonatos presentan su pico de abundancia durante agosto y los machos maduros durante el mes de julio. Indirectamente se puede calcular que el periodo de gestación es de 10 a 11 meses, ya que la temporada de apareamientos se da mayormente en el mes de junio cuando se encuentran los machos con moretones en el mixopterígio y la temporada de partos durante el mes de agosto, por lo que existe un desfase temporal de las temporadas de apareamiento y parto de dos meses aproximadamente.

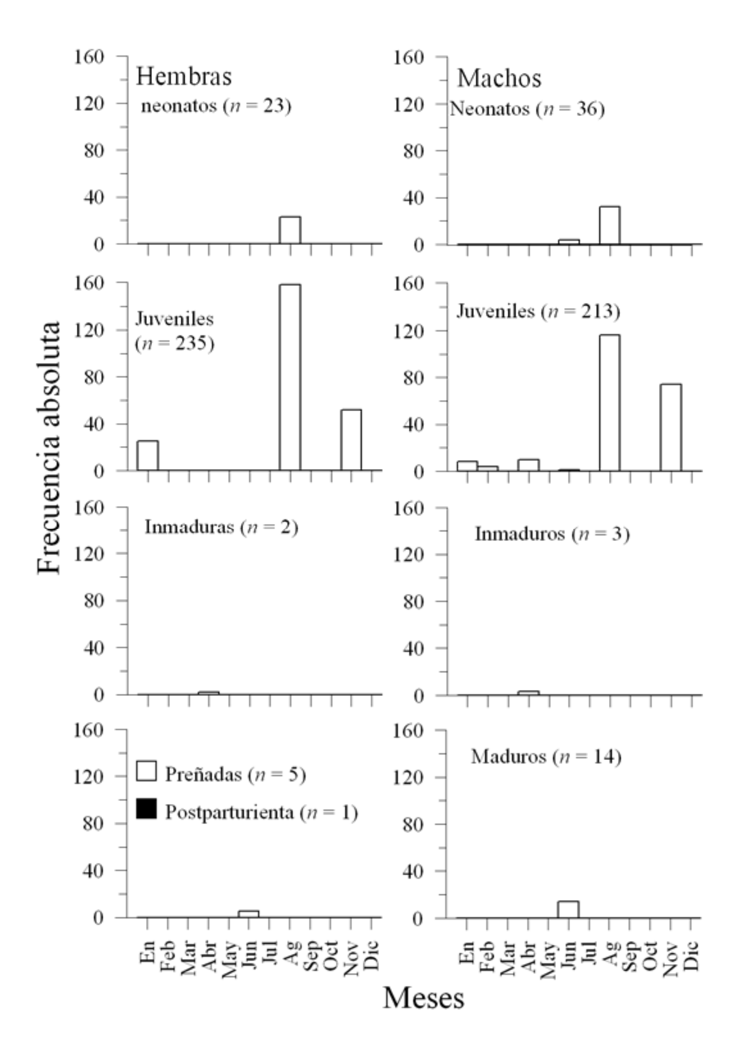


Figura 61.- Distribución mensual de los estados de madurez sexual para los tiburones martillo colectados en Teacapán, Sinaloa.

Efectividad y selectividad de captura por las diferentes artes de pesca

Efectividad de las artes

Michoacán

De siete artes de pesca que capturaron tiburón martillo durante los muestreos (i.e. redes agalleras de 3.5’, 4.5’, 6’, palangre cazonero, palangre tiburonero, palangre de superficie y red camaronera), la red de 6’ de abertura de malla es la de mayor efectividad seguida por el palangre cazonero (Figura 61). Si bien, la red de arrastre camaronera presenta una pesca incidental de tiburón martillo, está es significativa durante el total de la temporada de pesca del camarón debido al aumento en el número de barcos que ingresa a la zona de pesca ribereña (20 a 40 brazas).

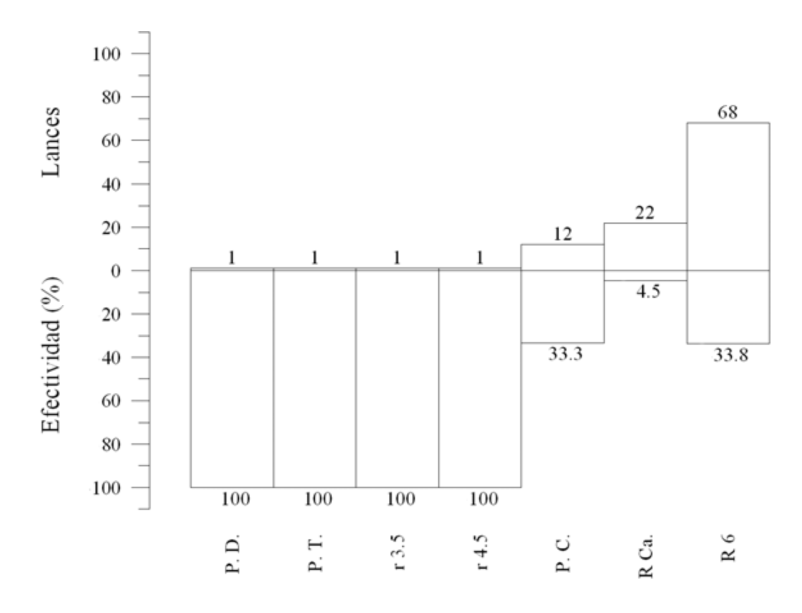


Figura 61.- Comparación del número de laces y efectividad de los artes de pesca que capturan tiburón martillo en Michoacán. P.D., Palangre a la deriva; P.T., palangre tiburonero; P. C., palangre cazonero; r 3.5, red de 3.5’; R 4.5, red 4.5’; R 6, red de 6’ y R Ca., red camaronera.

Teacapán, Sinaloa

En está localidad son seis artes de pesca las que capturan tiburón martillo. Las mas usadas son el palangre cazonero y las redes de 3.5' y 4' de abertura de malla (Figura 62). La aparente mayor efectividad del palangre tiburonero se debe a que al tener pocos lances y en su mayoría positivos sobre-estima el esfuerzo aplicado a la población del tiburón martillo explotada. Las mayores efectividades se dan en las redes de 3.5' y en las de 4' de abertura de malla, mientras que la captura con el palangre a la deriva se orienta al dorado (*Corypahena hippurus*) justo cuando la etapa juvenil del tiburón martillo se denomina "chicotera" por que se alimentan superficialmente de las mismas presas.

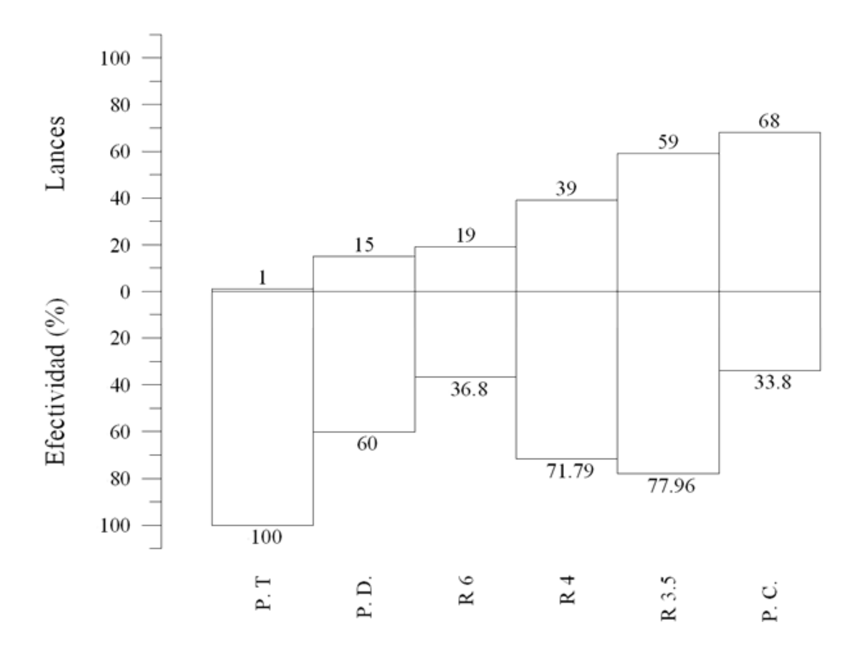


Figura 62.- Comparación del número de laces y efectividad de los artes de pesca que capturan tiburón martillo en la zona de Teacapán, Sinaloa. P.D., Palangre a la deriva; P.T., palangre tiburonero; P. C., palangre cazonero; r 3.5, red de 3.5'; R 4, red 4'; y R 6, red de 6'.

Selectividad de las artes de pesca a la talla de captura

Michoacán

Debido al escaso tamaño de muestra en las redes de 3.5 pulgadas de abertura de malla y camaronera, así como para el palangre tiburonero (n = 2 para cada una de las artes) y en el caso del palangre a la deriva con una n = 1, estas se sumaron junto con las capturas realizadas con el palangre cazonero y de las redes de 4.5 y 6 pulgadas de abertura de malla, ya que las tres últimas no presentaron diferencias significativas entre las tallas capturadas (ANOVA, F = 0.6, P = 0.6). El resultado de las seudo-ojivas de las tallas capturadas indica que el intervalo de tallas de las capturas fue de 50 a 59 LT (LT media = 54.6 cm), la longitud máxima observada fue de 260 cm de LT.

Teacapán, Sinaloa

Se encontraron diferencias significativas entre las tallas capturadas por las redes agalleras de 3.5, 4.5 y 6 pulgadas de abertura de malla (ANOVA, F = 23.8, P < 0.0001), Mientras en los palangres cazonero, a la deriva y Tiburonero no se encontraron diferencias significativas entre las tallas capturadas (ANOVA, F = 1.11, P = 0.33).

El resultado indica que el intervalo de tallas de las capturas con la red de 3.5 pulgadas de malla fue de 58 a 84 cm (LT media = 72 cm), con una longitud máxima observada de 132.5, con la red de 4 pulgadas de abertura de malla el intervalo de tallas fue de 68 a 78 cm (LT media = 71 cm) con una longitud máxima observada de 102 cm y para la red de 6

pulgadas de malla el intervalo de tallas fue de 59 a 72 cm (LT media = 66 cm) con una longitud máxima observada de 102 cm.

La seudo- ojiva de capturas para los palangres presento un intervalo de tallas de 49 a 159 cm de LT (LT media = 102 cm) con una longitud máxima observada de 298 cm.

Mortalidad e índices de explotación

Mortalidad total (Z)

Michoacán

Para esta localidad, la mortalidad total (Z) estimada fue de 0.615 años $^{-1}$ con una desviación estándar de 0.035 años $^{-1}$ (Figura 63)

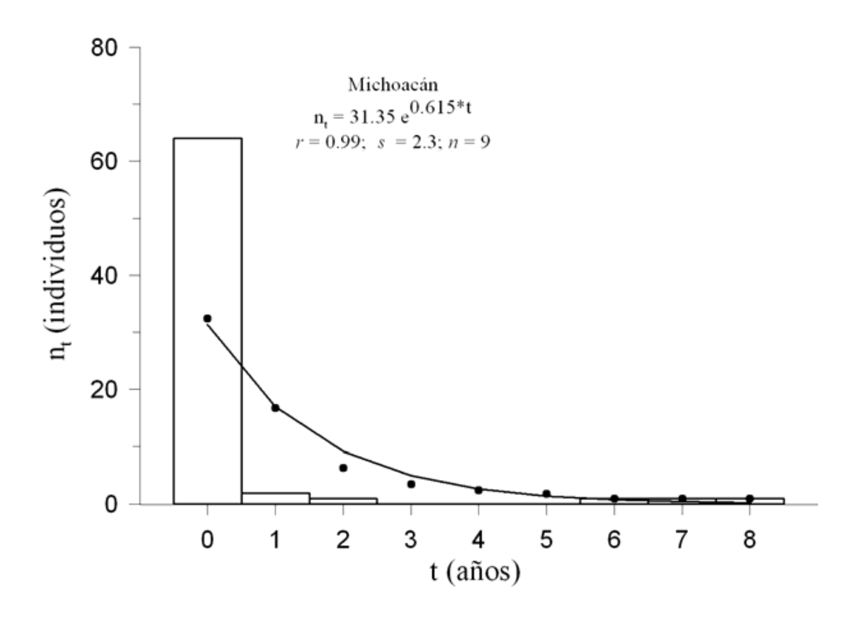


Figura 63.- Curva de edad-captura para estimar la mortalidad total en el tiburón martillo capturado en la Costa de Michoacán.

Teacapán, Sinaloa

Para esta localidad, Z fue estimada en 0.652 años $^{-1}$ (Figura 64) con una desviación estándar de 0.001 años $^{-1}$.

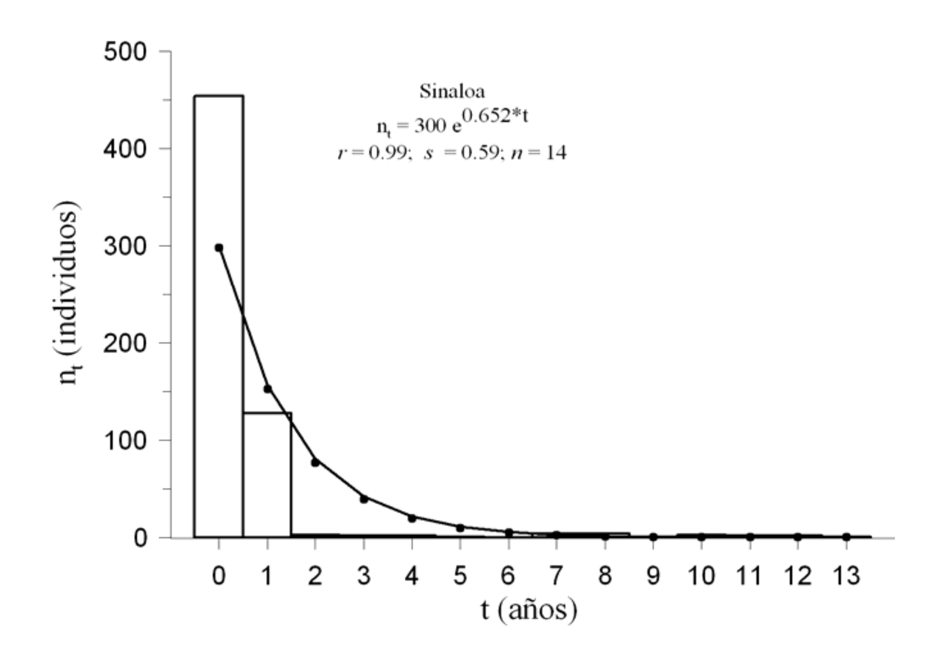


Figura 64.- Curva de edad-captura para estimar la mortalidad total en el tiburón martillo capturado en la Costa sur de Sinaloa

La mortalidad total calculada para ambas regiones difieren significativamente (ANOVA, F = 1171, $P < 0.0001$), observándose una mayor Z en Teacapán.

Mortalidad natural (M)

Michoacán

Para este análisis los parámetros de entrada a los modelos empíricos fueron separados por sexos (Tabla 33). Las M entres ambos sexos presentaron diferencias significativas (ANOVA, F = 176.4, P < 0.0001) siendo para hembras de 0.26 años^{-1} (s = 0.09 años^{-1}) y para machos de 0.31 años^{-1} (s =0.01 años^{-1}) (Tabla 34)

Tabla 33.- Parámetros de entrada para los diferentes modelos de estimación de la mortalidad natural para la costa michoacana

	L_∞ (cm.)	K (años^{-1})	T_0 (años)	W_∞ (Kg)	Lmax (cm.)
Hembras	368.3	0.12	-1.02	258.5	288
Machos	336.4	0.131	-1.091	182.3	281
Ambos sexos	349	0.13	-1.028	209.147	288

Tabla 33.- Continuación

	Tmax (años)	Longevidad (años)	Tm (años)	Lrep (cm)	Edad rep (años)	Temperatura (°C)
Hembras	11.7	24	11.7	201	5.6	27.5
Machos	12.7	22	11.2	175	4.5	27.5
Ambos sexos	11.7	22	11.4	193	5.2	27.5

Tabla 34.- Modelo utilizado e índices de mortalidad natural obtenido para los tiburones capturados en Michoacán.

Modelo	Hembras	Machos
Taylor (1958)	0.13	0.14
Tanaka (1960)	0.13	0.14
Alverson y Carney (1975)	0.34	0.38
Rikhter y Efanov (1976)	0.29	0.36
Pauly (1980) (longitud)	0.22	0.24
Pauly (1980) (peso)	0.43	0.47
Hoening (1983)	0.22	0.33
Roff (1984)	0.38	0.5
Roff-Pauly (1980-1984)	0.3	0.36
Charvanov y Berrigan (1990)	0.3	0.38
Jensen (1996)	0.19	0.21
Frisk *et al.*, (2001)	0.19	0.2
Promedio	0.26	0.31
s	0.1	0.1
C. V.	37.3	39.2
Iteraciones	1000	1000
Promedio $_{Montecarlo}$	0.27	0.32
$s_{Montecarlo}$	0.09	0.1

Teacapán, Sinaloa

De la misma manera que para Michoacán, en esta localidad los parámetros de entrada a los modelos empíricos fueron separados por sexos (Tabla 35). Las M entres ambos sexos presentaron diferencias significativas (ANOVA, F = 787.8, P < 0.0001) siendo para hembras de 0.264 años^{-1} (s = 0.009 años^{-1}) y para machos de 0.236 años^{-1} (s = 0.083 años^{-1}) (Tabla 36)

Tabla 35.- Parámetros de entrada para los diferentes modelos de estimación de la mortalidad natural para Teacapán, Sinaloa

	L_∞ (cm.)	K (años^{-1})	t_0 (años)	W_∞ (Kg)	Lmax (cm.)
Hembras	376	0.1	-1.149	214	270
Machos	366	0.125	-1.177	241.4	281
Ambos sexos	368.7	0.108	-1.335	238.9	281

Tabla 35.- Continuación

	Tmax (años)	Longevidad (años)	Tm (años)	Lrep (cm.)	Edad rep (años)
Hembras	11.5	29	11.85	204.1	6.7
Machos	10.5	23	11.7	170	3.8
Ambos sexos	10.5	26.4	11.7	201	6

Tabla 36.- Índices de mortalidad natural obtenidos para el tiburón martillo capturado en Teacapán

Modelo	Hembras	Machos
Taylor (1958)	0.11	0.1
Tanaka (1960)	0.11	0.1
Alverson y Carney (1975)	0.31	0.28
Rikhter y Efanov (1976)	0.27	0.23
Pauly (1980) (longitud)	0.2	0.19
Pauly (1980) (peso)	0.39	0.37
Hoening (1983)	0.35	0.37
Roff (1984)	0.36	0.32
Roff-Pauly (1980-1984)	0.27	0.25
Charvanov y Berrigan (1990)	0.28	0.25
Jensen (1996)	0.17	0.16
Frisk *et al.*, (2001)	0.19	0.19
Promedio	0.25	0.23
s	0.09	0.09
C. V.	37.4	38.7
Iteraciones	1000	1000
Promedio $_{Montecarlo}$	0.26	0.24
$s_{Montecarlo}$	0.01	0.08

Comparación entre localidades

No se encontraron diferencias significativas entre la mortalidad natural de las hembras de ambas localidades (ANOVA, F = 1.81, P = 0.18). Sin embargo, para los machos si se encontraron diferencias significativas (ANOVA, F = 348, $P < 0.0001$). Esto significa que los tiburones machos de Michoacán presentan una mayor mortalidad natural que los tiburones machos de Teacapán.

Mortalidad por Pesca (F)

Michoacán

La mortalidad por pesca presentó diferencias significativas en ambos sexos. Presentando un promedio de 0.35 años^{-1} con una s =0.072 años^{-1} para las hembras y un promedio de 0.295 años^{-1} con una s = 0.036 años^{-1} para machos (ANOVA, F = 176.4, $P < 0.0001$).

Teacapán, Sinaloa

La mortalidad por pesca presento diferencias significativas en ambos sexos. Presentando un promedio de 0.384 años^{-1} con una s=0.064 años^{-1} para hembras y para los machos un promedio de 0.412 años^{-1} con una s=0.083 años^{-1} para hembras. (ANOVA, F = 787.8, $P <$ 0.0001).

Comparación entre localidades

Se encontraron diferencias significativas tanto para la mortalidad por pesca entre las hembras (ANOVA, F = 571.3, $P < 0.0001$), no así en entre los machos (ANOVA, F = 0.15, $P = 0.7$).

Índice de explotación (E)

Michoacán

El índice de explotación para esta localidad presentó diferencias significativas con un promedio de 0.57 y una desviación estándar de 0.12 para las hembras y un promedio de 0.48 y una desviación estándar de 0.07 para los machos (ANOVA, F = 176.4, $P < 0.0001$).

Teacapán, Sinaloa

El índice de explotación (E) para hembras presentó diferencias significativas con un promedio de 0.45 y una desviación estándar de 0.05 para las hembras, y para machos un promedio de 0.54 y una desviación estándar de 0.11 (ANOVA, F = 787.8, $P < 0.0001$).

Comparación entre localidades

Para las hembras se encontraron diferencias significativas (ANOVA, F = 0.315, $P < 0.001$) al igual que en los machos (ANOVA, F = 7.61, $P = 0.006$).

Rendimiento por recluta

Michoacán

Los análisis de rendimiento por recluta (Y/R) fueron divididos por sexos, los parámetros de entrada para el modelo de rendimiento por recluta se resumen en la Tabla 37.

Tabla 37.- Parámetros de entrada para el análisis del rendimiento por recluta para los tiburones martillo capturado en Michoacán. L_{∞}, k, t_0 y P_{∞} son parámetros de las ecuaciones de crecimiento, L_r es la longitud de reclutamiento, t_{pc} es la edad de reclutamiento, L_{max} es la longitud máxima observada, λ es la longevidad de la especie en la localidad, M es mortalidad natural y F es la mortalidad por pesca.

Parámetro de entrada	Hembras	Machos
L_{∞} (cm.)	368.3	336.4
k (años^{-1})	0.12	0.131
t_0 (años)	-1.02	-1.091
P_{∞} (Kg)	258.5	182.3
L_r (cm)	47.5	47.5
t_r (años)	0.13	0.07
L_{pc} (cm.)	47.5	47.5
t_{pc} (años)	0.13	0.07
L_{max} (cm.)	350	320
λ (años)	24.00	21.97
M (años^{-1})	0.27	0.32
F (años^{-1})	0.35	0.29

Los rendimientos por recluta estimados para esta región con el escenario actual de pesca para hembra F = 0.35, TC = 0) fue de 4.5 (kg/recluta), y para machos (F= 0.29, TC = 0) fue de 3.5 (kg/recluta). a F en el rendimiento máximo por recluta (RMS) para hembras es

de F = 1.0, con una TC de 5 años, con un Y/R de 9.2 kg. Para machos los datos son F = 1.0, y una TC de 4 años, con un Y/R de 5.9 kg. (Figura 65).

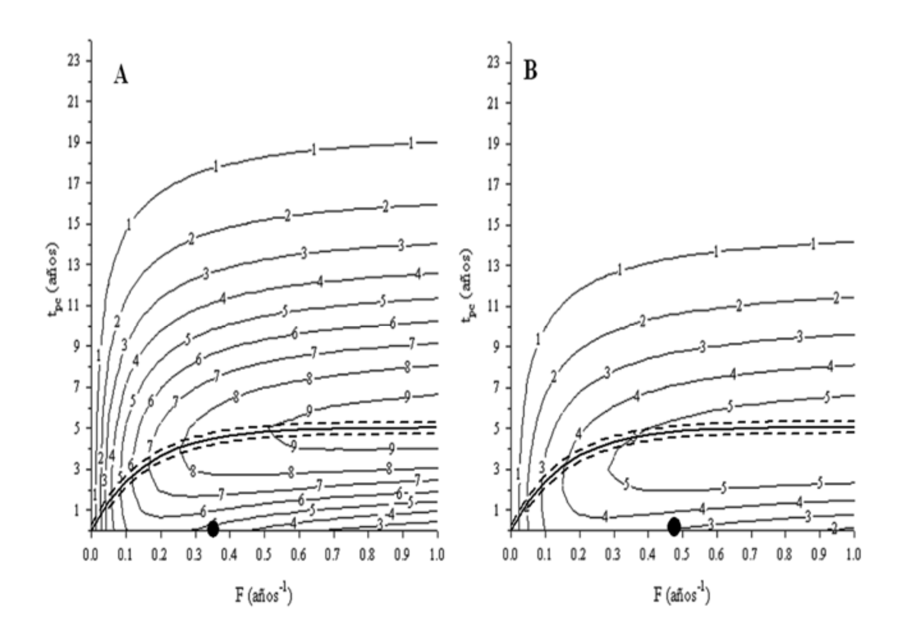


Figura 65.- Contornos de rendimiento por recluta para las hembras (A) y los machos (B) de *S. lewini* en Michoacán. Punto = escenario actual de pesca.

En los distintos escenarios de pesca con la edad de primera captura cero, los rendimientos son similares, excepto por el Y/R con la $F_{Extinción,}$ de tal forma que se puede establecer un intervalo de 5.5 kg/recluta (*s* = 0.288) para hembras y de 3.5 kg/recluta (*s* = 0.0528) para machos (Tabla 38).

Tabla 38.- Valores del rendimiento por recluta a distintos escenarios de mortalidad por pesca con edad de primera captura de 0 años para los tiburones de Michoacán. F_{MRS} es la mortalidad por pesca al máximo rendimiento sostenible, F_M es la mortalidad por pesca igual a la mortalidad natural, F_C es la mortalidad por pesca crítica (Tasa reproductiva = 1), F_{Actual} Mortalidad por pesca actual, $F_{Extinción}$ es la mortalidad a niveles de extinción comercial (Tasa neta reproductiva = 0) y $F_{0.1}$ es la mortalidad por pesca a la estrategia 0.1.

Escenario	Y/R para Hembra (kg*recluta^{-1})	Y/R para Hembra (kg*recluta^{-1})
F_{MRS} (0.153)	5.4	3.5
F_M	5.1 (M=0.27)	3.4 (M=0.32)
F_C (0.305)	4.9	3.4
F_{Actual} (0.35)	4.6	3.3
$F_{Extinción}$ (1.5)	1.5	1.8
$F_{0.1}$ (Epc=0)	5.4 (F=0.12),	3.5 (F=0.16)

Teacapán, Sinaloa

Los análisis de rendimiento por recluta (Y/R) fueron divididos por sexos, los parámetros de entrada para el modelo de rendimiento por recluta se resumen en la Tabla 39.

Tabla 39.- Parámetros de entrada para el análisis del Rendimiento por recluta para el tiburón martillo capturado en Teacapán, Sinaloa. L_{∞}, k, t_0 y P_{∞} son parámetros de las ecuaciones de crecimiento, L_r es la longitud de reclutamiento, t_{pc} es la edad de reclutamiento, L_{max} es la longitud máxima observada, λ es la longevidad de la especie en la localidad, M es mortalidad natural y F es la mortalidad por pesca.

Parámetro de entrada	Hembras	Machos
L_{∞} (cm.)	376	366
k (años^{-1})	0.1	0.125
t_0 (años)	-1.149	-1.117
P_{∞} (Kg)	214	241.4
L_r (cm)	47.5	47.5
t_r (años)	0.20	0
L_{pc} (cm.)	47.5	47.5
t_{pc} (años)	0.20	0
L_{max} (cm.)	357.5	348
λ (años)	29	23
M (años^{-1})	0.27	0.27
F (años^{-1})	0.34	0.41

Los rendimientos por recluta estimados para esta región con el escenario actual de pesca para hembra F = 0.34, TC = 0) fue de 2.3 (kg/recluta), y para machos (F = 0.41, TC = 0) fue de 4.7 (kg/recluta). La F en el rendimiento máximo por recluta (RMS) para hembras es de F = 1.0, con una TC de 4 años, con un Y/R de 3.7 kg. Para machos los datos son F = 1.0, y una TC de 5 años, con un Y/R de 9.7 kg. (Figura 66).

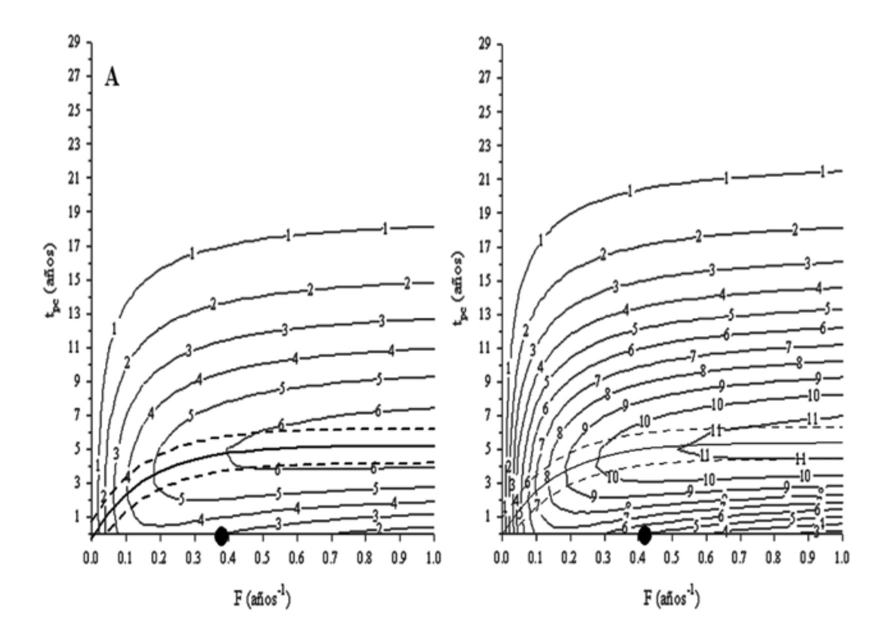


Figura 66.- Contornos de rendimiento por recluta para las hembras (A) y los machos (B) de *S. lewini* de Teacapán, Sinaloa. El punto representa el estado actual de la pesquería.

En los distintos escenarios de pesca con la edad de primera captura cero, los rendimientos son similares, excepto por el Y/R con la F_{Actual} y $F_{Extinción}$ para las hembras y $F_{Extinción}$ para los machos, de tal forma que se puede establecer un intervalo de 3.2 kg/recluta (*s* = 0.07) para hembras y de 6.3 kg/recluta (*s* = 0.2) para machos (Tabla 40).

Tabla 40.- Valores del rendimiento por recluta a distintos escenarios de mortalidad por pesca con edad de primera captura de 0 años de los tiburones de Teacapán, Sinaloa. F_{MRS} es la mortalidad por pesca al máximo rendimiento sostenible, F_M es la mortalidad por pesca igual a la mortalidad natural, F_C es la mortalidad por pesca crítica (Tasa reproductiva = 1), F_{Actual} Mortalidad por pesca actual, $F_{Extinción}$ es la mortalidad a niveles de extinción comercial (Tasa neta reproductiva = 0) y $F_{0.1}$ es la mortalidad por pesca a la estrategia 0.1.

Escenario	Y/R para hembra (kg*recluta^{-1})	Y/R para machos (kg*recluta^{-1})
F_{MRS} (0.121)	3.3	6.3
Fc (0.242)	3.2	6.1
F_M	3.1 (M = 0.27)	6.1 (M = 0.24)
F_{Actual}	2.7 (F=0.384)	4.7 (F = 0.4)
F_{ext} (1.3)	1.058	1.724
$F_{0.1}$ (Epc=0)	3.25 (F = 0.12),	6.557 (F = 0.12)

Análisis demográfico

En este capitulo se comparan simultáneamente los resultados estimados para ambas localidades. Los parámetros de entrada se resumen en la Tabla 41.

Tabla 41- Parámetros de entrada para el análisis demográfico de *Sphyrna lewini.* L_{∞}, k, t_0 y son parámetros de las ecuaciones de crecimiento, L_{pm} es la longitud de primera madurez sexual, E_{pm} es la edad de primera captura, M es la mortalidad natural, *s* es la desviación estándar, Z es la mortalidad total, F_{act} es la mortalidad por pesca actual, L_{pc} es la longitud de primera captura y t_{pm} es la edad de primera captura.

Parámetro	Michoacán	Teacapán, Sinaloa
L_{∞} (años)	368.3	376
k (años^{-1})	0.12	0.1
t_0 (años)	-1.02	-1.146
Longevidad (años)	24	29
$L_{pm\ (cm.)}$	201	204
$E_{pm\ (años)}$	5.6	6.7
Fecundidad (hijas por madres)	F =(-11.520+0.166LT)/2	F=(-15.790+019LT)/2
M (años^{-1})	0.27	
s_M (años^{-1})	0.065	
Z (años^{-1})	0.61	0.65
$s_{(Z)}$ (años^{-1})	0.04	0.001
F_{actual} (años^{-1})	0.35	0.38
$L_{pc\ (cm.)}$	45.5	58.4
$t_{pc\ (años)}$	0.08	0.54

Escenario demográfico sin mortalidad por pesca

Los parámetros demográficos de los stocks presentan diferencias significativas (Tabla 42). Los resultados muestran un mayor crecimiento poblacional en el stock de Michoacán, así como una mayor fecundidad (R_0). El tiempo generacional (T) y la edad promedio de los padres (μ_1) es menor por un año en el stock de Michoacán, Incluyendo a el tiempo de duplicación del tamaño poblacional (T_{x2}) todos los parámetros demográficos difiere significativamente para ambos stocks (ANOVA, F = .0.0003, $P < 0.0001$)

Tabla 42.- Resumen de los parámetros demográficos para los stocks de *Sphyrna lewini* analizados en este trabajo. *s* es la desviación estándar.

	Caleta de Campos, Michoacán	Teacapán, Sinaloa
Parámetros	Promedio (*s*)	Promedio (*s*)
r	0.31 (0.003)	0.24 (0.002)
R_0	13.1 (0.3)	10.5 (0.25)
T	8.4 (0.01)	9.7 (0.01)
μ_1	9.8 (0.037)	10.9 (0.034)
T_{x2}	2.3 (0.019)	2.9 (0.025)
F_{mrs}	0.15 (0.001)	0.12 (0.001)
e_f	13.2 (0)	11.3 (0)
e_n	13.3 (0)	11.4 (0)
e_j	52.9 (0)	45.4 (0)
e_a	20.6 (0)	31.9 (0)

De manera general, las elasticidades estimadas ostentan para ambas localidades, los valores más altos en los juveniles de ambas regiones, estadísticamente no existen diferencias significativas entre la distribución de las elasticidades entre ambas regiones oceanográficas ($\chi^2 = 5.9$, $P = 0.12$).

Distribución estable (W)

La distribución estable no mostró diferencias significativas entre ambos stocks (Figura 67). (ANOVA, $F = 4X\ 10^{-12}$, $P = 0.9$).

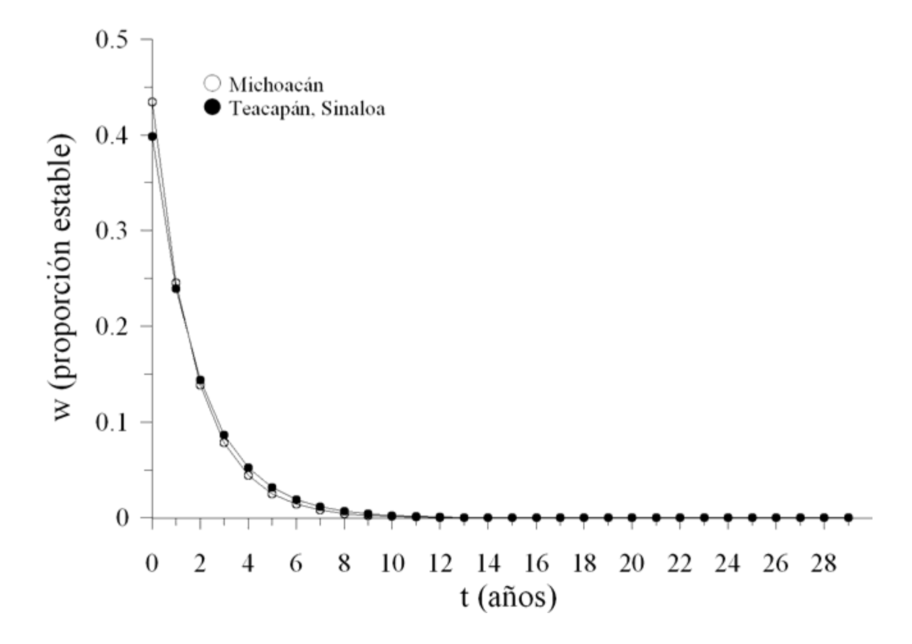


Figura 67.- Grafico de la distribución estable (W) a través de una cohorte de *Sphyrna lewini*, para ambas regiones de estudio.

Valor reproductivo (V)

El valor reproductivo presentó diferencias significativas, siendo siempre mayor en Michoacán (Figura 68) (ANOVA, F = 4.27, *P* = 0.048).

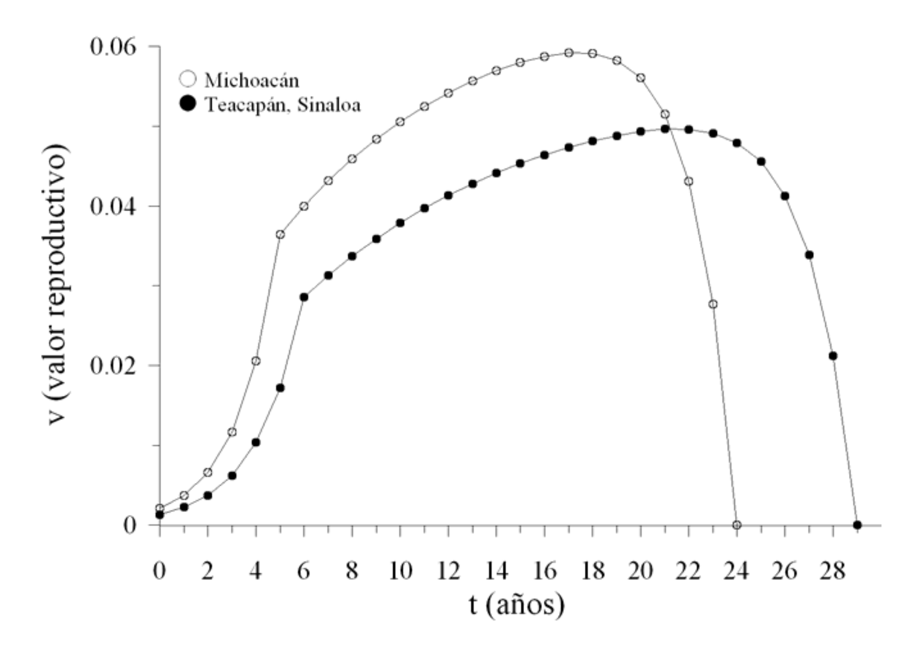


Figura 68.- Valor reproductivo (V) para *Sphyrna lewini*, en ambas regiones de estudio.

Crecimiento poblacional

A través de un periodo de tiempo igual a la longevidad de cada stock, se puede observar que el incremento de la población michoacana es más prolifero que la de Sinaloa (Figura 69)

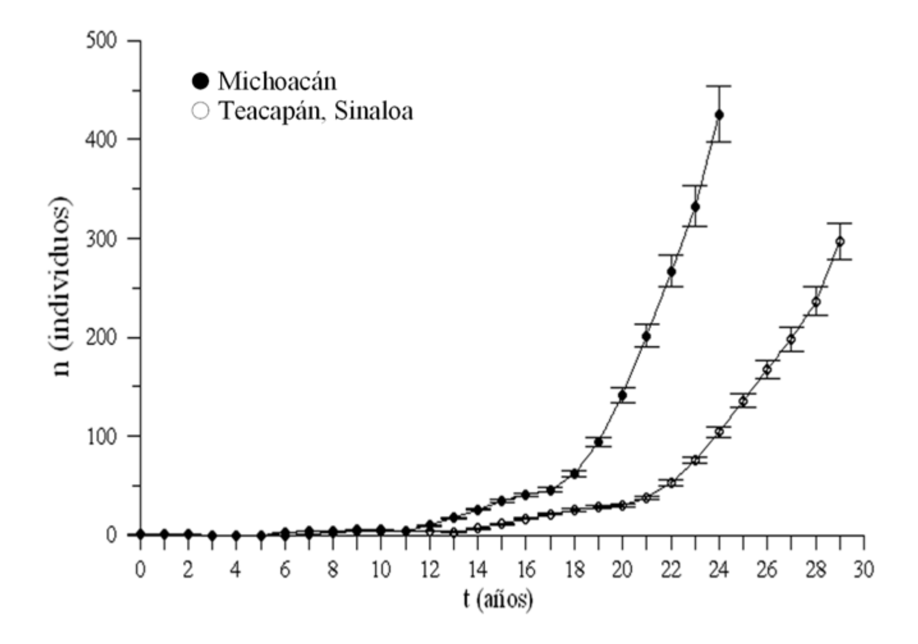


Figura 69.- Simulación del crecimiento poblacional de *Sphyrna lewini* en ausencia de pesca en Michoacán y Teacapán, Sinaloa.

Escenario demográfico con mortalidad por pesca

Michoacán

Los escenarios analizados en este estado muestran como límite sustentable una mortalidad por pesca de 0.153 $años^{-1}$, el escenario actual (F = 0.35 $años^{-1}$) presenta una reducción del 50% de la población a los 18.5 años (Tabla 43).

Tabla 43.- Valores demográficos a distintos escenarios de mortalidad por pesca con edad de primera captura a 0 años de edad constante. F_{MRS} es la mortalidad por pesca al máximo rendimiento sostenible, F_M es la mortalidad por pesca igual a la mortalidad natural, F_C es la mortalidad por pesca crítica (Tasa reproductiva = 1), F_{Actual} Mortalidad por pesca actual, $F_{Extinción}$ es la mortalidad a niveles de extinción comercial (Tasa neta reproductiva = 0).

Parámetros	F_{mrs} (0.15)	F_M (0.27)	F_C (0.31)	F_{Actual} (0.35)	$F_{Extinción}$ 1.5
r	0.15	0.04	0	-0.05	-1.2
R_0	3.3	1.3	1	0.7	0
μ_1	8.3	7.7	7.6	7.4	6.2
T_{x2}	4.6	18	∞	-15.2	-0.6

Los comportamientos en el incremento poblacional (Figura 70), muestran que el mejor escenario es a una F_{MRS} donde el crecimiento es exponencial aun con la explotación dando pulsos cada seis años, sin embargo es muy improbable que se de este escenario, por lo que se define como el escenario más probable de establecerse con una mortalidad de 0.3 $años^{-1}$ que se define como mortalidad por pesca crítica (Figura 71).

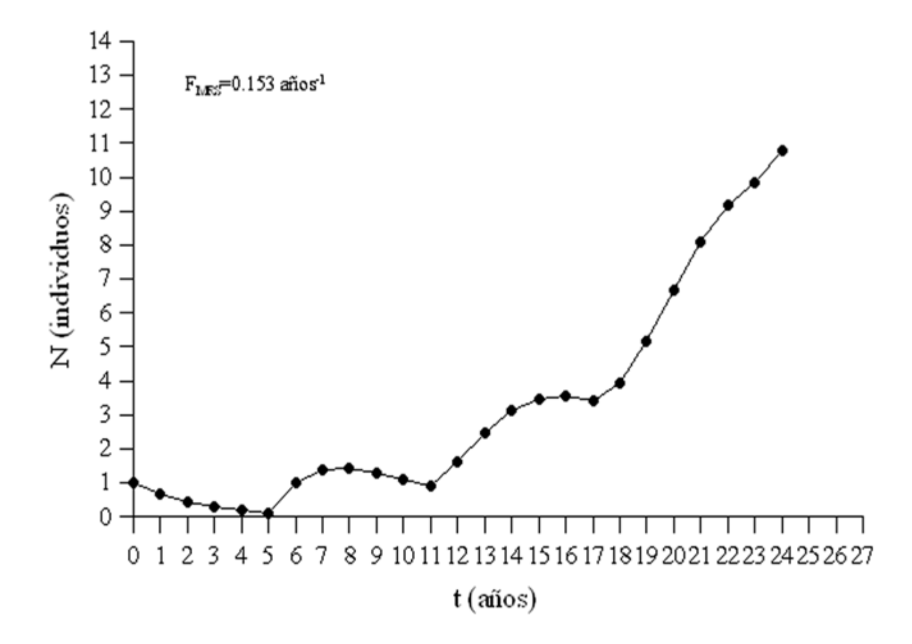


Figura 70.- Crecimiento poblacional de *S .lewini* en el escenario de mortalidad por pesca al máximo rendimiento sostenible en Michoacán.

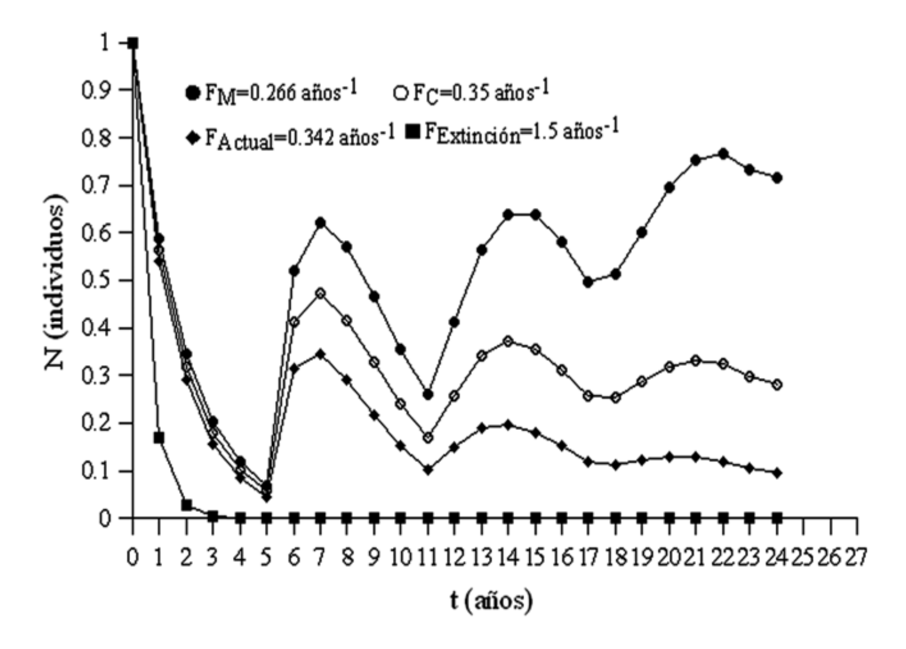


Figura 71.- Crecimiento poblacional de *S. lewini* en distintos escenario de mortalidad por pesca en Michoacán.

Por otro lado, en los escenarios de pesca con la F constante (0.35 años^{-1}) con variaciones en la edad de primera captura muestra que el escenario actual es el que más afecta a la

población (Tabla 44), los escenarios que evitan la pesca de neonatos mantienen la R_0 por arriba de los valores críticos ($R_0 > 1$).

Tabla 44.- Valores demográficos a distintos escenarios de edad de primera captura (Epc) con mortalidad de pesca actual (F_{actual}) constante para Michoacán.

	Escenarios de explotación con F_{actual}=0.35 años^{-1}			
Parámetros	Epc 0 años	Epc 1 año	Epc 6 años	Epc 7 años
r	-0.05	0.001	0.24	0.27
R_0	0.71	1.01	5.8	7.24
μ_1	7.4	7.4	7.4	7.6
T_{x2}	-15.2	514.6	2.8	2.5

Los efectos del cambio de edad de captura con la mortalidad de pesca actual se ven reducidos con la pesca de organismos de un año de edad (Figura 72). En este escenario se observa un comportamiento oscilatorio que decrece cada seis años, pero se mantiene a través de los años de simulación. En la edad de madurez sexual (seis años) la población se incrementa y con un evento reproductivo (siete años) este incremento es substancial (Figura 73), sin embargo en la pesca ribereña estos dos escenarios no son aplicables por sus implicaciones con otras especies pesqueras.

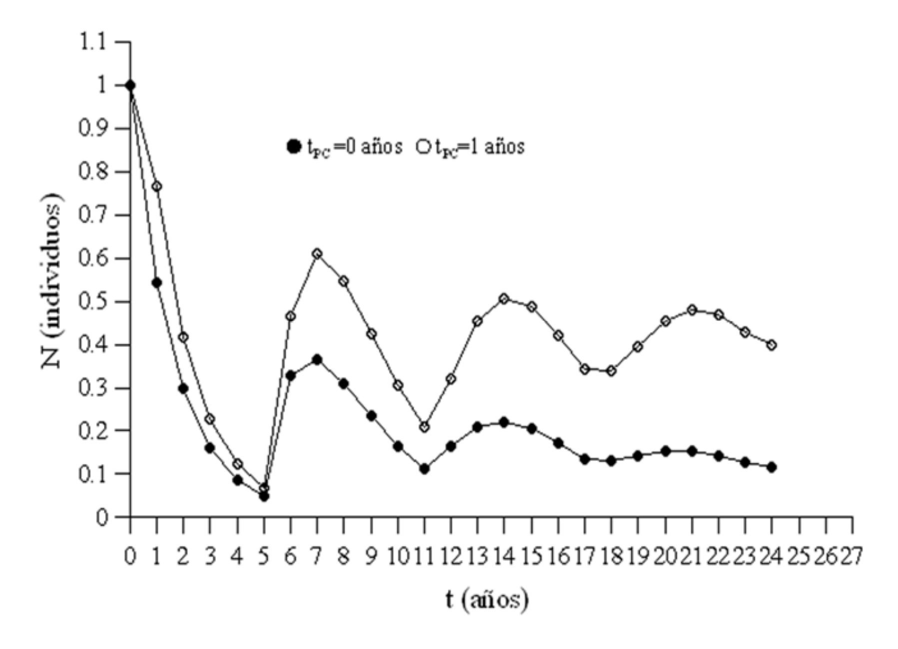


Figura 72.- Crecimiento poblacional en los escenarios de pesca con F actual y diferentes edades de captura (t_{pc}) en Michoacán.

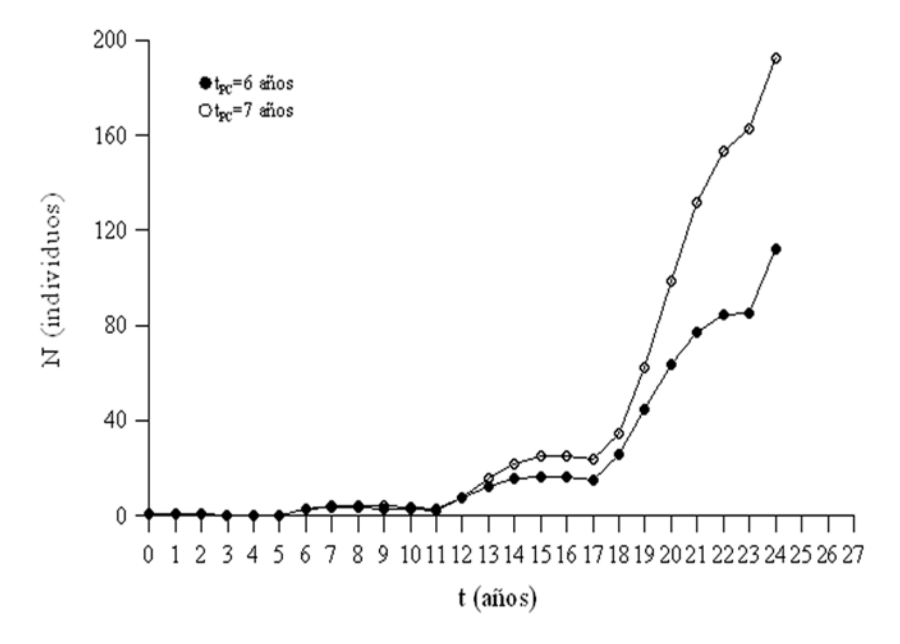


Figura 73.- Crecimiento poblacional en los escenarios de pesca con F actual y diferentes edades de captura (t_{pc}) en Michoacán.

Teacapán, Sinaloa

Los escenarios analizados en esta localidad muestran como límite sustentable una mortalidad por pesca de 0.242 $años^{-1}$. El escenario actual (F = 0.792 $años^{-1}$) presenta una reducción del 50% de la población a los 1.2 años (Tabla 45).

Tabla 45.- Valores demográficos a distintos escenarios de mortalidad por pesca con edad de primera captura a 0 años de edad constante para Teacapán, Sinaloa. F_{MRS} es la mortalidad por pesca al máximo rendimiento sostenible, F_M es la mortalidad por pesca igual a la mortalidad natural, F_C es la mortalidad por pesca crítica (Tasa reproductiva = 1), F_{Actual} Mortalidad por pesca actual, $F_{Extinción}$ es la mortalidad a niveles de extinción comercial (Tasa neta reproductiva = 0).

Escenarios	F_{MRS} (0.12)	F_C (0.24)	F_M (0.27)	F_{Actual} (0.38)	$F_{Extinción}$ (1.3)
r	0.12	0	-0.02	-0.14	-1.06
R0	3.04	1	0.8	0.3	0
μ_1	9.6	8.8	8.7	8.3	7.3
Tx2	5.7	1711.3	-29.4	-4.9	-0.7

Los comportamientos en el incremento poblacional (Figura 74), muestran que el mejor escenario es a una F_{MRS} donde el crecimiento es exponencial aun con la explotación dando pulsos cada siete años, sin embargo es muy improbable que se de este escenario, por lo que se define como el escenario más probable de establecerse con una mortalidad de 0.242 $años^{-1}$ que se define como mortalidad por pesca crítica (Figura 75), misma que es menor a la mortalidad natural.

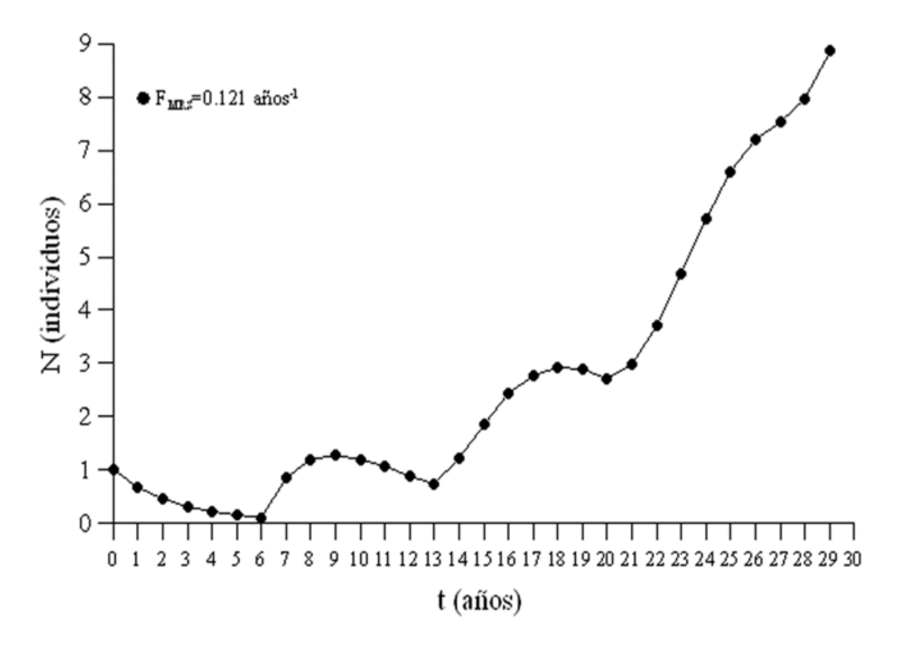


Figura 74.- Crecimiento poblacional de *S .lewini* en el escenario de mortalidad por pesca al máximo rendimiento sostenible en Teacapán, Sinaloa.

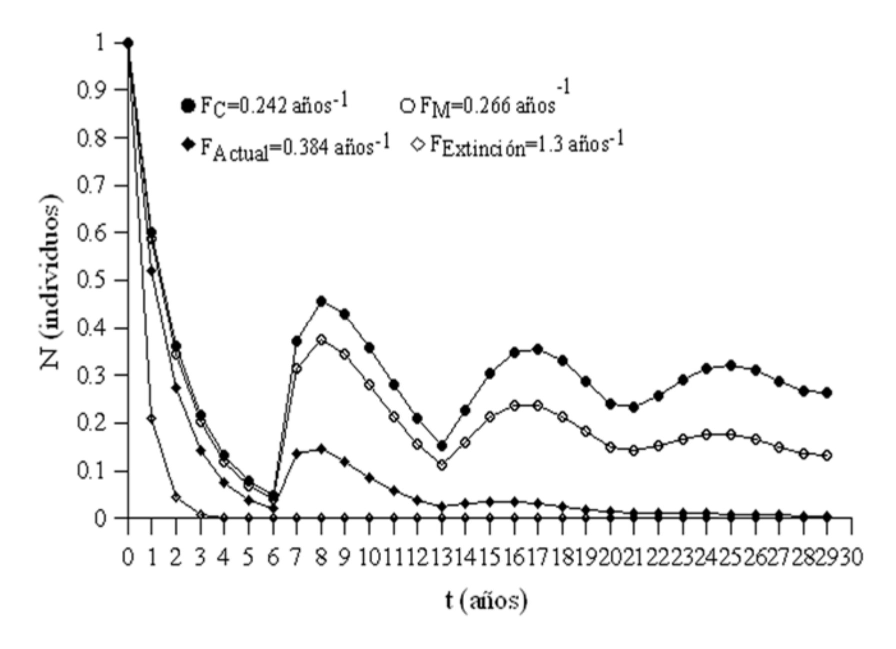


Figura 75.- Crecimiento poblacional de *S .lewini* en diferentes escenarios de mortalidad por pesca en Teacapán, Sinaloa.

En cuanto a los escenarios con mortalidad por pesca actual constante (F = 0.384 años^{-1}), se encuentra que al aumentar un año en la edad de pesca no se da un crecimiento poblacional positivo (Tabla 46)

Tabla 46.- Valores demográficos a distintos escenarios de edad de primera captura (Epc) con mortalidad de pesca actual (F_{actual}) para Teacapán, Sinaloa.

	Escenarios de explotación con F_{actual}= (0.384) años^{-1}			
Escenarios	E_{pc} 0 años	E_{pc} 1 año	E_{pc} 7 años	E_{pc} 8 años
r	-0.14	-0.1	0.18	0.21
R_0	0.3	0.4	4.4	5.6
μ_1	8.3	8.3	8.3	8.5
T_{x2}	-4.9	-7.1	3.8	3.3

Los efectos del cambio de edad de captura con la mortalidad de pesca actual no se ven reducidos con la pesca de organismos de un de edad (Figura 76). En este escenario se observa un comportamiento oscilatorio que decrece cada siete años, pero se mantiene a través de los años de simulación. En la edad de madurez sexual (siete años) la población se incrementa y con un evento reproductivo (ocho años) este incremento es substancial (Figura 77), sin embargo en la pesca ribereña estos dos escenarios no son aplicables por las mismas razones que se expusieron para el caso de Michoacán

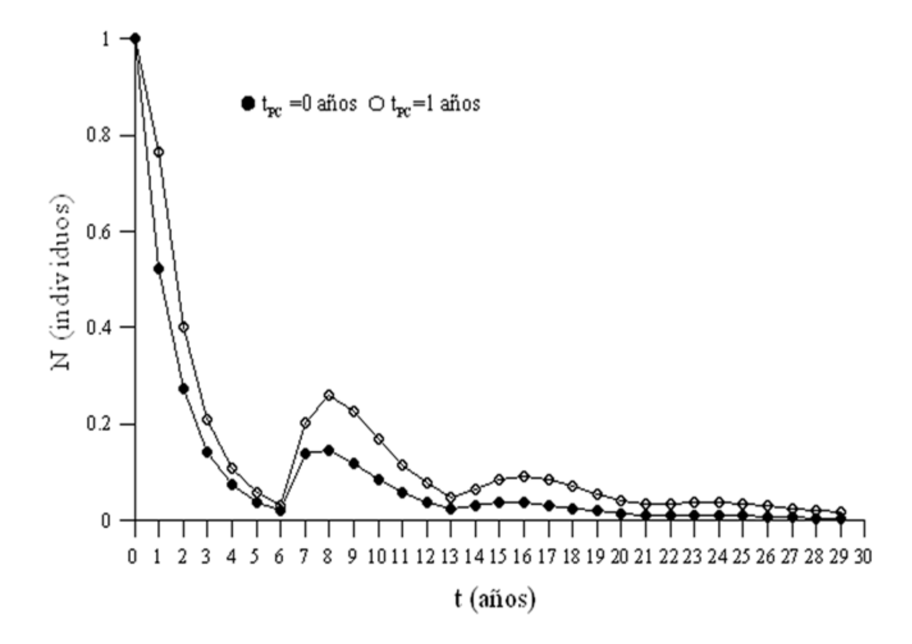


Figura 76.- Crecimiento poblacional de *S. lewini* en diferentes escenarios de edad de primera captura (t_{pc}) en Teacapán, Sinaloa.

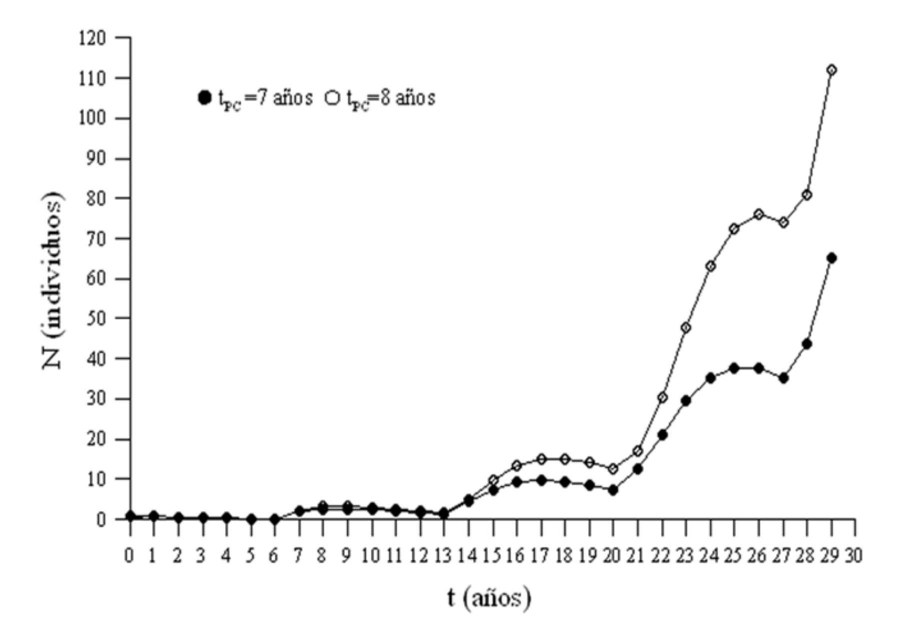


Figura 77.- Crecimiento poblacional de *S. lewini* en diferentes escenarios de edad de primera captura (t_{pc}) en Teacapán, Sinaloa.

Comparando las poblaciones en los escenarios a diferentes niveles de mortalidad se encuentra que la localidad de Teacapán es más susceptible que la de Michoacán, sin

embargo ambas pueden presentar una buena respuesta en la tasa intrínseca de incremento poblacional en un intervalo de mortalidad por pesca de 0.05 a 0.2 años^{-1} (Figura 78), mismo que se ve corroborado por las tendencia de la tasa neta reproductiva (Figura 79).

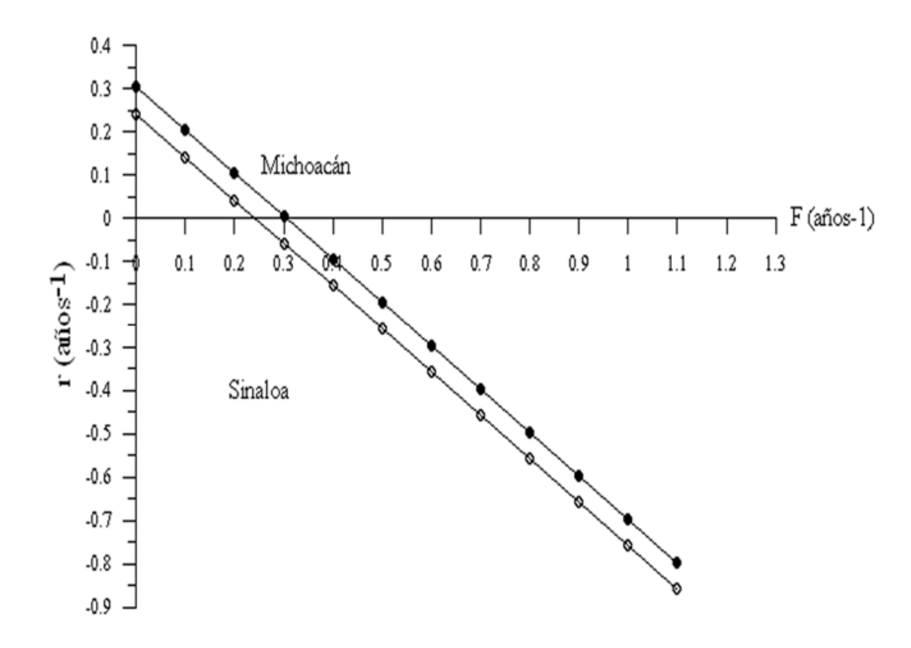


Figura 78.- Valores de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r) a distintos escenarios de mortalidad por pesca (F) a una edad de primera captura de un año para S. lewini en Teacapán, Sinaloa y en Michoacán.

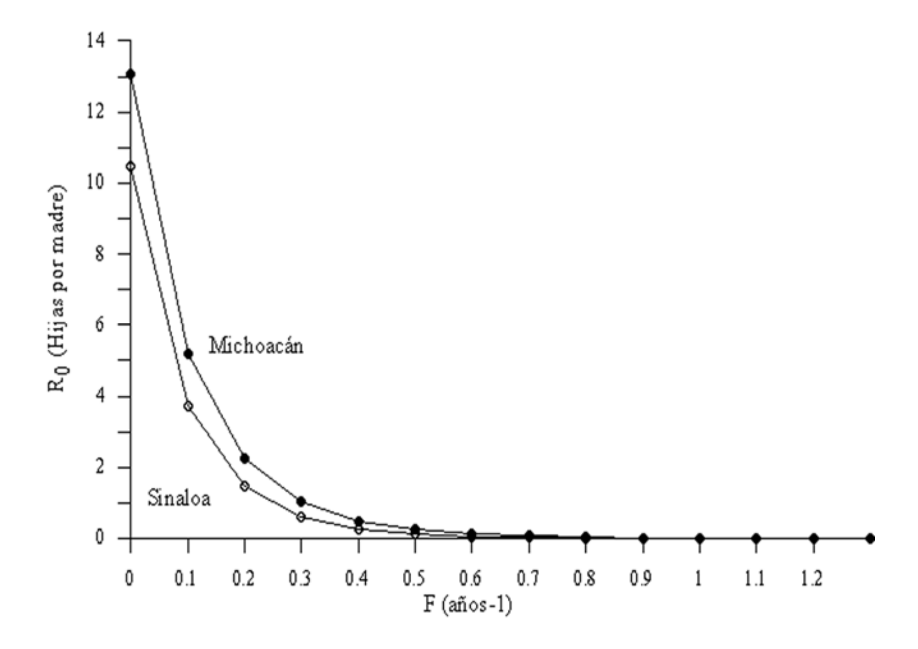


Figura 79.- Valores de la tasa neta reproductiva (R_0) a distintos escenarios de mortalidad por pesca (F) a una edad de primera captura de un año para *S. lewini* en Teacapán, Sinaloa y en Michoacán.

Análisis de la morfometría geométrica

Análisis de Componentes principales

Los valores de la matriz de correlación muestran que el componente principal 1 es el que aporta la mayor variabilidad entre los grupos (99.4%), seguido por el componente principal 2 (0.4%).

Las pendientes de las funciones de los componentes principales muestran que para el primer componente, la variabilidad es causada longitud precaudal (LPC, pendiente = 47.8) y M1 (longitud alternativa, pendiente = 29.7), mientras que para el componente 2 es LPC (pendiente = 1.45) y M7 (Anchura derecha de la aleta cefálica, pendiente = 1.8).

El comportamiento en los valores centrados de los componentes 1 y 2 a través de las regiones de colecta (Figura 80) muestra que en los cuadrantes de CP1 negativos (Cuadrantes I y III) existe una predominancia de individuos de Teacapán, Sinaloa, mientras que para los cuadrantes positivos de CP1 (Cuadrantes II y IV) dominan los individuos de Michoacán.

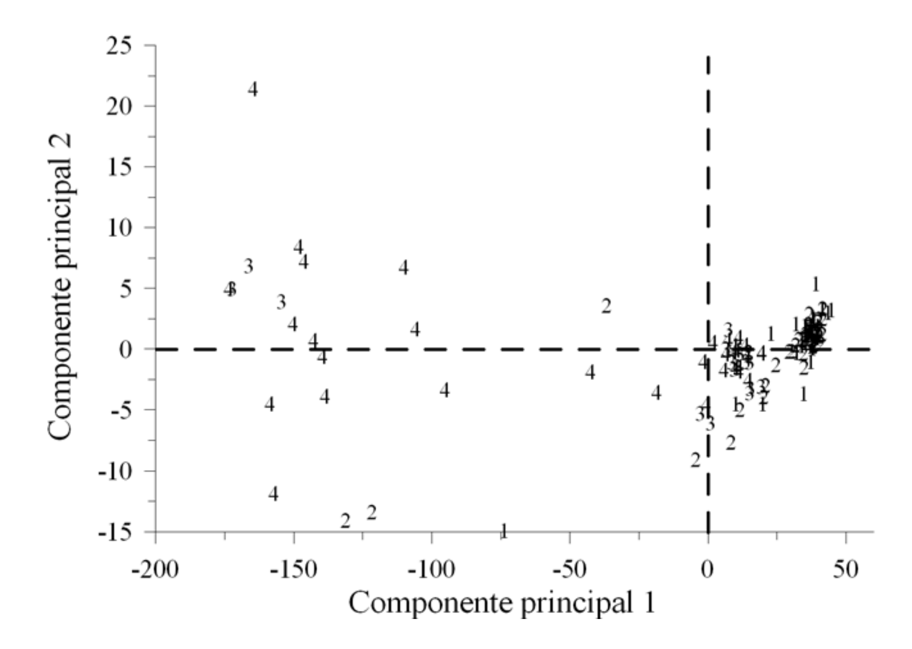


Figura 80.- Distribución de los valores centrados a través de los componentes principales 1 y 2. 1 y 2 hembras y machos de Michoacán, 3 y 4 hembras y machos de Teacapán, Sinaloa.

La predicción en la clasificación de los tiburones dentro de las localidades fue de 60.6 % para los individuos de Michoacán y de 87.0 % para los individuos del sur de Sinaloa. Lo anterior da un 61.2 % de separación entre las localidades para esta especie.

Análisis de discriminantes

Los coeficientes de variación más altos se encontraron con la morfometría M2 (Distancia izquierda de la muesca cefálica al borde anterior de la aleta cefálica), M3 (Distancia derecha, de la muesca cefálica al borde anterior de la aleta cefálica) y M10 (Distancia intercefálica posterior) con 10.2% y 10.9 % y 16.7 % respectivamente.

En el análisis de discriminantes solo tres de las diez morfometrías geométricas usadas fueron estadísticamente significativas (P <0.01, Tabla 47). Estas fueron M9 (Distancia del margen antero-derecho de la aleta cefálica al margen postero-izquierdo de la aleta cefálica), M10 (Distancia intercefálica posterior) y M11 (Distancia intercervical anterior). No se encontró redundancia en las medidas (Tolerancia 0). Todos los valores de tolerancia estimados fueron no significativos (P > 0.05).

Tabla 47.- Valores de significancia estadística para cada morfometría de *Sphyrna lewini.*

Código	Lamda de Wilks	Lamda Parcial	F	P	Tolerancia
M1	0.17	0.92	9.95	0.002	0.82
M2	0.17	0.93	8.7	0.004	0.14
M3	0.17	0.93	8.59	0.004	0.12
M4	0.15	1	0.24	0.63	0.6
M5	0.17	0.89	13.73	0	0.23
M6	0.17	0.9	12.92	0	0.31
M7	0.15	1	0.02	0.89	0.06
M8	0.16	0.95	5.38	0.02	0.06
M9	0.17	0.9	12.9	0	0.27
M10	0.35	0.43	146.1	0	0.2
M11	0.24	0.63	65.15	0	0.15

Lambda Wilks: 0.15 F (11,112)=56.1 P<0.0000

El análisis proporcionó únicamente una raíz discriminante, los valores canónicos (valores propios) de dicha raíz consideran un 100% de separación (Tabla 55).

Las morfometrías que ejercen mayor influencia en la separación de los grupos fueron M10 (Distancia intercefálica posterior, Y1 = 1.8) y M11 (Distancia intercervical anterior, Y1= - 1.7).

Graficando los valores de la variable canónica 1 con respecto a M10, se observa como los centroides separan a ambas poblaciones (Figura 81).

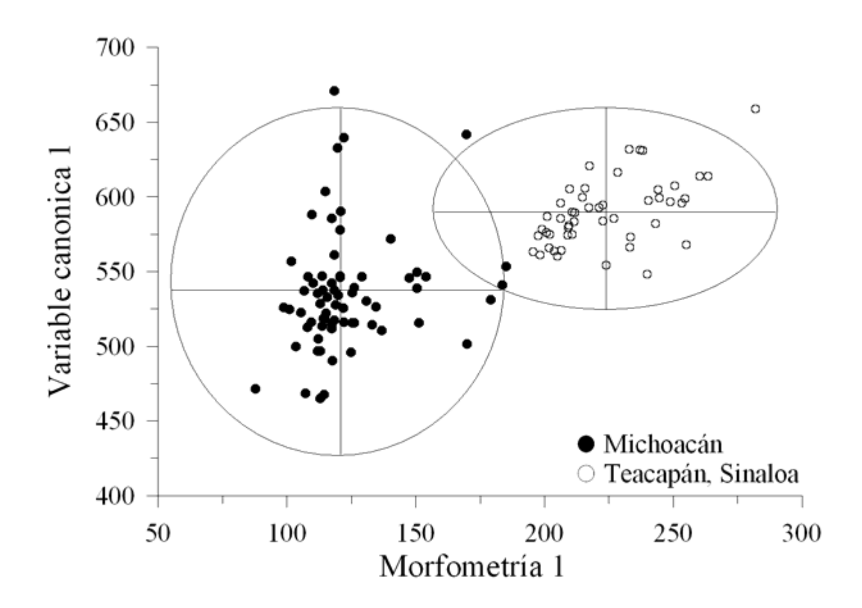


Figura 81.- Grafica de los discriminantes de la variable canónica 1 con respecto a la distancia intercefálica posterior (M10) para *S. lewini* en las dos regiones de estudio.

La predicción en la clasificación de los individuos dentro de las localidades fue de 97.3% para los individuos de Michoacán y de 100% para los individuos de Sinaloa. Lo anterior da un 98.4% de separación entre las provincias oceanográficas para la especie.

DISCUSIÓN

En el presente trabajo se presentaron resultados comparativos que permiten sugerir la existencia de clinas poblacionales en ambas localidades los cuales resaltan la importancia de la realización de estudios regionales para el manejo y explotación apropiados de estos recursos. De un total de 26 parámetros analizados, incluyendo parámetros morfométricos, poblacionales, de crecimiento individual y reproductivo, once fueron estadísticamente diferentes entre los organismos capturados en las dos zonas de muestreo. Desde el punto de vista de manejo pesquero resaltan las diferencias en temporada de nacimiento de esta especie (mayo a junio en Michoacán y agosto en Teacapan); la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r) que fue mayor en Michoacán (0.31) que la de Teacapan (0.29), y la tasa neta reproductiva (R_0) que fue mayor en Michoacán (13.1) que la de Teacapan (10.5). La veda establecida por la NOM-029-PESC dicta una veda temporal nacional para los tiburones y rayas que va de la segunda quincena de junio a la primera quincena de julio. El hecho de que exista una diferencia en la época del año para el nacimiento de las crías como el que se describe en el presente trabajo implica que la implementación de una veda temporal para cada zonas seria la estrategia adecuada en la protección de neonatos y hembras preñadas. Actualmente, la NOM-029-PESC indica una reducción del esfuerzo para todas las zonas pesqueras de tiburones y rayas en México. Esto sugiere que poblaciones con bajo crecimiento poblacional y baja tasa neta reproductiva como lo encontrado en Teacapan están debidamente protegidas. Sin embargo, existen reportes que indican que la población de *S. lewini* en Teacapan esta siendo capturada de manera constante por las flotas deportivas, lo cual puede tener un impacto negativo en esta

población de bajo crecimiento poblacional de no practicarse a opción de capturar y liberar vivos a estos organismos como lo propone Berdegué (2002).

Desde el punto de vista morfométrico, destacan las diferencias de la longitud precaudal (mayor en Michoacán), la distancia intercefalica posterior (mayor en Michoacán) y la distancia intercervical anterior (mayor en Michoacán). Estas diferencias implican que *S. lewini* en Michoacán son más robustos. Estas diferencias probablemente sean el reflejo de un ambiente más oceánico prevaleciente en Michoacán, donde la plataforma continental es estrecha y no hay islas. Por lo tanto es probable que exista una mayor competencia interespecifica por el alimento con otros peces pelágicos mayores, como los atunes, picudos y otros tiburones. Una condición más robusta implicaría una mayor capacidad de almacenamiento energético lo cual se reflejaría en un crecimiento más rápido y una mayor fecundidad.

Los pocos trabajos que implican la presencia de clinas poblacionales abarcan al tiburón pala (*Sphyrna tiburo*) que en la costa de Florida ha demostrado la presencia de diferencias en sus historias de vida (Cortés y Parsons, 1996; Lombardi-Carlson *et al*., 2003). Así también Yamaguchi *et al*., (2000) encontraron diferencias poblacionales en cinco localidades entre Japón y Taiwán para el cazón mamón (*Mustelus manazo*) enfatizando que aparte de las diferencias físico-químicas, la diferencia en la disponibilidad del alimento es la clave de la presencia de las clinas. Sin duda es necesario retomar la ley de Taylor (1958, 1960) que afirma que en las latitudes más lejanas al Ecuador las especies son más grandes, más longevas, con tasas de crecimiento más pequeñas y edades de madurez más tardías que las que se encuentran en las regiones más cercanas al ecuador. Recientemente Quattro *et*

al., (2006) y Duncan *et al*., (2006) han encontrado diferencias genéticas entre los stocks de *S. lewini* en varias regiones del mundo, e incluso los primeros autores demuestran la existencia de una especie críptica de este tiburón en el Nor-Atlántico del Golfo de México. Castillo-Olguín (2005) demostró que existen diferencias genéticas entre los stocks de la Boca del Golfo de California, de la costa de Nayarit y del Golfo de Tehuantepec.

Edad y crecimiento

Incremento marginal

En este trabajo se encontraron similitudes en la periodicidad de la formación de los anillos. En ambas zonas se observa que el primer anillo se forma inmediatamente des pues de nacer, lo cual se confirmó a través de la revisión de embriones terminales y neonatos. La marca de nacimiento en la vertebra se observó como un cambio de ángulo a lo largo del *corpus calcareum* y concuerda con lo encontrado para la misma especie por Branstetter (1987), Chen *et al*., (1990), Andrade (1996). y Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza (2001). Es posible que este anillo se forme al ser ingerido el alimento el cual promueve un retardo momentáneo del crecimiento, lo suficiente largo para que el nuevo individuo se adecue al medio (Hoar y Randall, 1969).

La periodicidad bianual de aparición de anillos fue similar en ambas regiones oceanográficas y coincide con los reportes de Chen *et al*., (1990), Andrade (1996). y Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza (2001). Sin embargo, los trabajos de Branstetter (1987) de Schwartz (1983), Rigetty y Castro, 1990 y Piercy *et al*., (2007) reportan un anillo

anual para la misma especie. Esto coincide con el reporte de la formación de anillos de crecimiento anual para la mayoría de las especies de tiburones estudiadas (Schwartz, 1983; Sminkey y Musick, 1995; Conrath *et al.*, 2002). Sin embargo, Campana (2001) realiza una crítica al análisis del incremento marginal este tipo de análisis y recomienda un ciclo de dos años que cubran todos los meses del año para validar los resultados, lo que incrementaría los recursos logísticos para el muestreo. La periodicidad de los anillos de los tiburones colectados en Teacapán fue estimada por medio del grado de calcificación del borde vertebral, ya que se encontraron variaciones de las medidas en los valores del incremento marginal. Se utilizó este método ya que es la forma más precisa de estimar la periodicidad de formación de anillos de crecimiento (Yudin y Cailliet, 1990; Ferreira y Vooren, 1991, Officer *et al.,* 1996; Ribot *et al.,* 2005).

Al igual que en este estudio, Chen *et al*., (1990) y Andrade (1996) reportan dos períodos de formación de anillos de crecimiento que se dan en el verano y en el invierno. Comportamientos similares son también mencionados por Pratt y Casey (1983) para el marrajo dientuso (*Isurus oxyrinchus*); Parker y Stott (1965, *in*: Schwart. 1983) para el tiburón peregrino (*Cetorhinus maximus*) y por Thorson y Lacy (1982) para el tiburón chato (*Carcharhinus leucas*). El comportamiento reproductivo, tanto de parto como de apareamiento que implican un alto gasto energético (Wourms, *et al*., 1988) puede ser la causa de la formación del anillo de verano. En los tiburones inmaduros, el anillo de verano puede ser originado por el incremento en la abundancia del alimento (Yudin y Cailliet, 1990). Por otra parte, la aparición de un anillo en invierno puede ser debido a que el tiburón martillo se mueve junto con el agua cálida. La variación en la temperatura del agua presente en el verano (28 °C para Michoacán y sur de Sinaloa) decrece considerablemente

durante el invierno (27.5 °C para Michoacán y 22 ºC para el sur de Sinaloa) (Figura 82). Estos movimientos han sido reportados para este mismo tiburón en el Golfo de California (Klimley y Brown, 1983). El movimiento del tiburón en aguas cálidas puede causar un retardo en la tasa energética del crecimiento y por otro lado incrementa el gasto energético para la alimentación y regulación de la temperatura (Carey *et al*., 1982; Yudin y Cailliet, 1990).

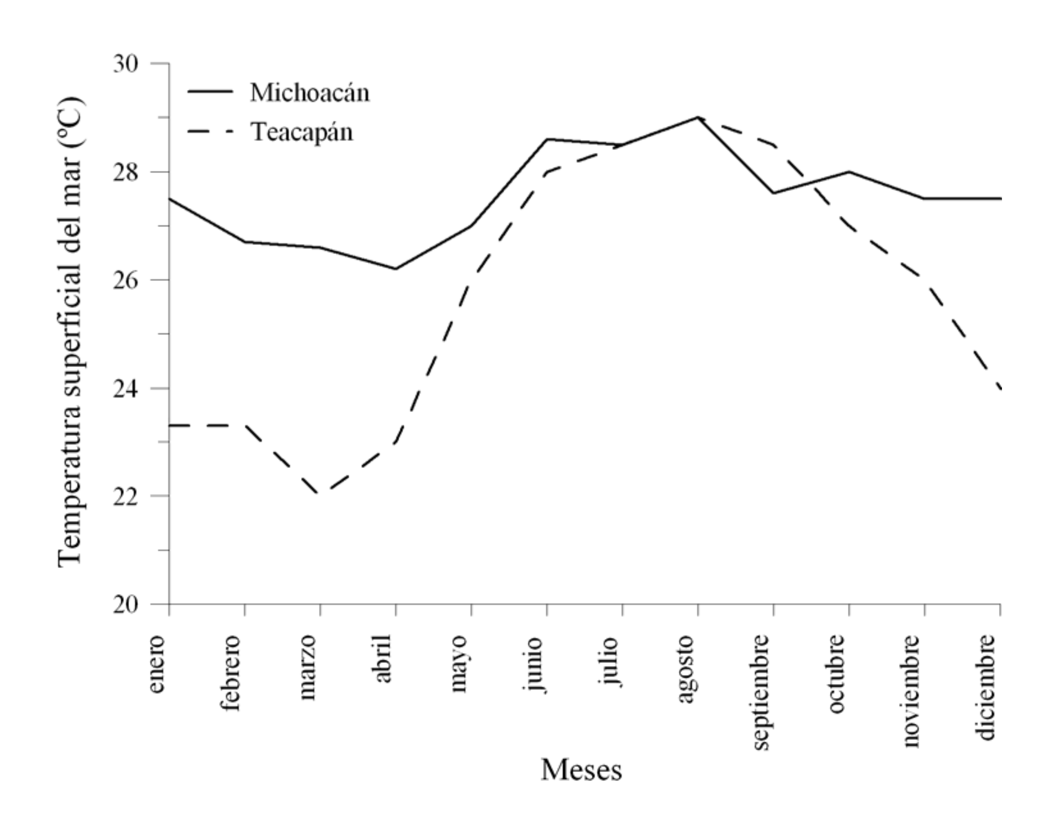


Figura 82.- Distribución de los promedios mensuales de la temperatura superficial del agua en las localidades de muestreo.

Retrocálculo

Las diferencias entre la relación del radio vertebral y la longitud total de los tiburones estudiados en este trabajo se pone de manifiesto a través de los ajustes a los diferentes modelos de retrocálculo que se dieron para los sexos y para las regiones oceanográficas implicadas en este trabajo. Ponderando las correlaciones usadas para los diferentes retrocálculos se puede inferir que cuando la longitud del pez depende del radio vertebral, puede haber una relación de crecimiento similar (lineal) o que el crecimiento de la vértebra sea más rápido (potencial), para el primer caso el retrocálculo a usar es el de Fraser-Lee y el BPH lineal, y en el segundo caso el retrocálculo BPH no lineal. Por otro lado, cuando el tamaño de la vértebra depende del tamaño del pez la relación lineal de las dos variables permiten el uso del retrocálculo SPH lineal y la relación potencial del SPH no lineal. Sin omitir que estos procedimientos son de ajuste matemático una de las razones biológicas que se pueden postular en virtud de que se utilizaron diferentes modelos de retrocálculo en los sexos es que para las hembras de ambas regiones se aplicaron modelos lineales (Fraser-Lee para Michoacán y BPH lineal para Teacapán, Sinaloa) y modelos potenciales para los machos de ambas regiones (BPH no lineal), en contraste a la encontrado en la literatura, las machos crecen más rápido que las hembras (Natanson *et al*., 2002; Carlson *et al*., 2003; Santana y Lessa, 2004) por lo que es posible que esto se refleje en lo encontrado con el retrocálculo aplicado al presente trabajo. Solo Goldman y Musick (2006) han evaluado cuatro modelos de retrocálculo aplicado al tiburón salmón (*Lamna ditropis*) valorando el mejor modelo a través de las desviaciones de las medias. En el presente trabajo, se considera que la prueba más robusta es la máxima verosimilitud aplicada al coeficiente de variación de cada modelo.

Estimación de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy

Retomando el supuesto de Taylor (1958, 1960), quien afirma que en las latitudes más lejanas al Ecuador las especies son más grandes y con tasas de crecimiento más pequeñas que las que se encuentran en las regiones más cercanas al ecuador, este supuesto se cumple para la especie en el presente estudio.

A la luz de los resultados se encontró que las curvas de crecimiento estimadas para hembra y machos juntos no difieren en la s dos regiones oceanográficas estudiadas, sin embargo a través del análisis de ANOVA de cada una de las variables, es decir usando las variables mancomunadas de cada curva y variando solo la que se analiza, se encontró que existen diferencias significativas para L_∞ (ANOVA, F = 4.9, *P* = 0.006) y para k (ANOVA, F = 7.6, *P* = 0.0008), no así para t_0 (ANOVA, F = 1.8, *P* = 0.15) que solo es un parámetro de ajuste. Para el caso de las hembras, las diferencias significativas entre las curvas de ambas regiones las marca la constante de crecimiento (k = 0.12 $años^{-1}$para Michoacán y k = 0.1 $años^{-1}$, ANOVA, F = 4.7, *P* = 0.001) mientras que el efecto de las L_∞ y t_0 no difiere significativamente (L_∞ = 368.3 cm para Michoacán y L_∞ = 376 cm para Sinaloa, ANOVA, F = 0.89, *P* = 0.45; t_0 = -1.02 años para Michoacán y t_0 = -1.149 años para Sinaloa, ANOVA, F = 2.69, *P* = 0.06).

En los machos, las diferencias entre las dos regiones la dan la L_∞ y k (L_∞ = 334.6 cm para Michoacán y L_∞ = 366 cm para Sinaloa, F = 4.5, ANOVA, *P* = 0.01; k = 0.131 $años^{-1}$ para

Michoacán y k = 0.125 años^{-1} para Sinaloa, ANOVA, F = 7.1, *P* = 0.01), no así para t_0 (F = 0.94, *P* = 0.44) que solo es un parámetro de ajuste.

Un paso delante de los análisis propuestos se compararon con el análisis grafico de la auximetría (Pauly, 1984) a las curvas de crecimiento estimadas en este estudio con lo reportado por otros autores para *S. lewini* (Branstetter, 1987; Rigetty y Castro, 1990; Chen, *et al*., 1990; Andrade, 1996; Anislado y Robinson, 2001; y Piercy *et al.,* 2007), y se encontró que la gráfica separa a dos regiones: Océano Pacífico y Océano Atlántico, excluyendo al trabajo de Rigetty y Castro, 1990 por su bajo valor de L_∞ (Figura 83).

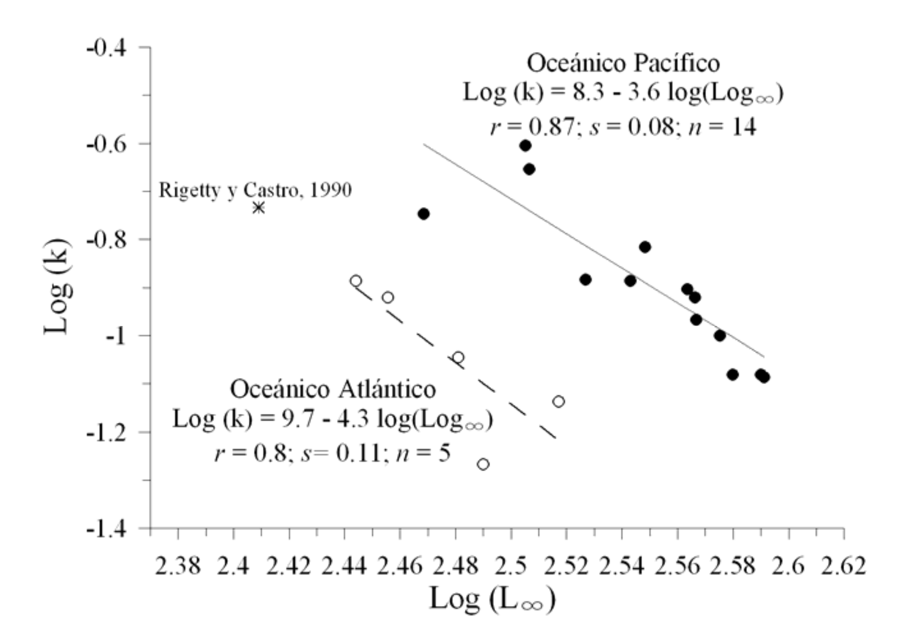


Figura 83.- Graficas auximétricas para *Sphyrna lewini*.

Índice de crecimiento estándar (ϕ´)

La ϕ´ presento un intervalo de 3.8 a 4.4 con un promedio de 4.1 y una desviación estándar de 0.16, pone de manifiesto que el presente trabajo proporciona parámetros robustos para la ecuación de crecimiento de la especie para las regiones oceanográficas estudiadas y excluye a la curva propuesta por Holden (1974). Así mismo es de suponer que las diferencias encontradas en los trabajos analizados son probablemente debidas a las clinas geográficas de los stocks analizados como ya ha sido documentado por Abercrombie *et al.*, (2005), Duncan *et al.*, (2006), Castillo (2005), y Quattro *et al*., (2006).

Relación peso-longitud

Peso eviscerado

El peso eviscerado como porcentaje del peso total varia significativamente en ambas regiones (ANOVA, $F = 31.6$, $P < 0.0001$), lo anterior posiblemente se deba a la predominancia de crías que se encuentran en Michoacán, estas se encuentran en la fase de crecimiento rápido mientras que en Teacapán, Sinaloa existe una mayor variedad de tallas capturadas entre las que se encuentran los juveniles y adultos que por el tamaño de sus hígados y gónada reduce el peso de la fracción comercial.

Peso total vs. longitud total

Las hembras de los tiburones martillo colectadas en Michoacán tienen mayo peso que las colectadas en Teacapán, Sinaloa. Las diferencias van desde pesos similares al nacer incrementándose con la talla hasta el 20.5% (t = 4.4, *P* = 0.0002). Del mismo modo, los machos colectados en Michoacán mayor peso al inició de su vida y las diferencia decrece con la talla empezando con un 13% de diferencia hasta igualar los pesos en longitudes totales de 300 cm (t = 9.01, *P* < 0.0001). Es probable que la zona de michoacana sea de mayor contenido alimenticio para estos tiburones. Se ha demostrado la existencia de un área de crianza (Anislado, 2000) en Michoacán por lo que la presencia de hembras con mayores reservas energéticas en el cuerpo pueden dar esta diferencia. Los machos al no estar sujetos a los mismos gastos energéticos que las hembras son más migratorios por lo que pueden realizar las mismas actividades en ambas regiones y por tanto tener algunas particularidades fisiológicas similares que se reflejan en la similitud de peso en los ejemplares que ya han salido del área de crianza.

La relación peso-longitud de esta especie investigada en otras regiones, difieren todas y cada una de ellas, para el caso de los sexos mancomunados (ANOVA, F = 4.07, *P* =0.0007 y C.V. de 16 a 18% por peso-longitud), solo el trabajo de Rigetty y Castro (1999) Se acerca a los valores de las curvas estimadas en este trabajo, por otra parte Kohler *et al.,* (1996) muestra valores de peso por arriba de los estimado, los demás reportes se encuentran por debajo de las curvas de este trabajo.

En el caso de las hembras, las diferencias se acrecientan (ANOVA, F = 4.65, *P* = 0.0005, C.V. de 27 a 45% por peso-Longitud), muy probablemente esto sea reflejo del factor de atracción en el ajuste de las curvas a determinado intervalo de talla, o al ingreso de datos de hembras preñadas o abortivas, sin descartar las diferencias geográficas.

Para los machos, solo las curvas estimadas por Manjarres *et al.,* (1983) para la costa de Mazatlán, Sinaloa y por Zarate Rustrian (2002) para la costa del Golfo de Tehuantepec salen de la tendencia el primero sobreestima hasta un 25% los valores en cada estimación, mientras que el segundo subestima hasta un 20%. La diferencias son significativas (ANOVA, F = 3.32, *P* = 0.016, con un C.V. de 5 a 12 % por cada peso-longitud).

Relación del peso total con la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy.

En este apartado se observo que los pesos infinitos estimados para ambos sexos no difieren de lo reportado por Chen *et a.l.*, (1990), Andrade (1996) y por Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza (2001) encontrando un promedio de 232.4 kg con un C.V. de 8.9 %. Por otro lado en cuanto a los parámetros estimados para las hembras existe una tendencia a un promedio de 269.6 kg con un C.V. de 7.8 %, sin embargo en los machos el C.V. es de 17.1% (promedio de 198.3 kg), debido los pesos más altos estimados para el trabajo de Andrade (1996) de 248 kg y a el valor de 214 kg estimado en este estudio para el stock de Teacapán, Sinaloa. Las discrepancias encontradas pueden deberse a diferencias geográficas.

Aspectos reproductivos

Proporción de sexos

En este estudio, las hembras en la pesca de Teacapán fueron abundantes solo en Junio de 2003 cuando la pesca se realiza cerca de la Isla Isabel, una zona más oceánica, mientras que los machos abundaron durante noviembre de 2004 en la zona costera. Este comportamiento es similar a lo encontrado por Klimley y Nelson, (1984), Klimley, (1987) para el Golfo de California, Chen *et al*., (1988) para el noroeste de Taiwan, y Lessa *et al*., (1998) para el noreste de Brasil. Mientras que para la Costa de Michoacán, la abundancia de las hembras en la zona costera durante el verano son un indicador indirecto de la existencia de una área de crianza en la zona (Anislado, 2000).

Talla de madurez sexual

Al no haber encontrado diferencias significativas entre las tallas y edades de madurez sexual, se puede aseverar que la especie tiene como atributo propio una talla de primera madurez sexual de 204 cm de LT para las hembras y 173 cm de LT para los machos. Sin embargo no puede ser incluido de manera concluyente en los análisis demográficos debido a que en esos modelos la diferencia de un año en esta talla implica cambios en la fecundidad (Caswell, 2001). Comparando los reportes publicados para la especie, las tallas para las hembras encontradas en este trabajo difieren con lo encontrado por Bass *et al*., (1975), Castro (1993) y Crown *et al*., (1996) que exceden los 269 cm de LT.

Para los machos, las tallas de este trabajo difieren de las tallas más pequeñas reportadas (94 centímetros de Lessa *et al*., 1998 y 100 cm de Soriano Velásquez *et al*., 2000;) que fueron registradas para dos individuos con los mixopterígios calcificados y semen en la vesícula seminal, sin embargo no se reportan la condición de la cubierta del rhipidion y de los cartílagos accesorios del mixopterígio, estos individuos eran probablemente precoces. Por otro lado, las tallas más grandes en la madurez para los machos (213 centímetros en Hawai de Crow *et al*., 1996) fueron registrados en la pesca de altura y por las redes anti-tiburones y estos tiburones eran los más pequeños capturados debido a la selectividad de las artes de pesca.

Talla al nacer

Las tallas encontradas en este estudio (45 a 54 cm de LT) difieren de las tallas mínimas reportadas (35 a 38 cm. de LT, Holden, 1974; Dodrill, 1977; Soriano Velásquez *et al*., 2000 y Campuzano Caballero, 2002) que pudieron pertenecer a embriones abortados ya que en el presente trabajo. Algunos embriones de 35 a 46 cm. fueron considerados como nonatos debido a que se desembarcaron junto con hembras adultas que presentaron la cloaca hemorrágica y restos placentarios. Es posible que en estudios posteriores se considere el analizar los contenidos estomacales e incluso participar en las jornadas de pesca para evitar el sesgo de la pesca, debido a que los nonatos son aprovechados como cazón y en los desembarques se les llama “tripa” debido a que son sacados del vientre materno. Sin embargo, la posibilidad de que la variación ontogénica, condiciones medio ambientales y las diferencias geográficas no deben de ser descartadas.

Fecundidad

El intervalo de fecundidad observado en este estudio (número de embriones por hembra) no difiere en ambas regiones (χ^2 de Yates = 1.2, P = 0.3), sin embargo la tendencia lineal observada en la relación de talla de los embriones terminales con la talla de la madre para el stock del sur de Sinaloa no puede ser sustentada del todo, siendo necesario implementar un muestreo en un área más amplia, ya que la ausencia de hembras de primera madurez sexual puede ser un indicador indirecto de que la zona trabajada no esta en la influencia de un área de crianza.

Periodo de gestación, temporada de apareamiento y parto.

El período de la gestación en este estudio fue calculado de 10 meses para Michoacán y de 10 a 11 meses para el sur de Sinaloa. Estos resultados son similares a los encontrados por Chen *et al*., (1988). Holden (1974), Branstetter (1987) y Campuzano Caballero (2002) quienes estimaron el período de la gestación de un año con un solo pico anual de partos.

En este estudio las temporadas de apareamiento difieren por uno dos meses. Para Michoacán el acoplamiento ocurre a partir de agosto a septiembre y en Teacapan se observó en el mes de junio. En este punto solo Chen *et al*., (1988) menciona que para las aguas de Taiwán este evento ocurre durante los meses de Julio a Octubre.

Las temporadas de parto en este trabajo difieren por un mes en ambas localidades (Michoacán durante mayo a julio y en Teacapán durante junio-agosto). Estas fechas coinciden con lo reportado por Bass *et al*., (1975) en Sudáfrica y Castro, (1993) quienes mencionan que este evento se da en verano para el Golfo de México. Los meses de mayo a junio son también propuestos por Chen *et al*., (1988) para Taiwan, Soriano-Velásquez *et al*., (2000) y Campuzano-Caballero, (2002) ambos para el Golfo de Tehuantepec, y solo Torres-Huerta (1996) para el Golfo de California da un intervalo más amplio que va de mayo a septiembre. Lo anterior pone en duda la idea de las migraciones (corridas) ya que los gastos energéticos son altos para el parto en las hembras.

Efectividad y selectividad de captura por las diferentes artes de pesca

Efectividad de las artes

En este trabajo se evidencian diferencias en cuánto a la preferencia en el uso de las artes de pesca. En Michoacán se da un mayor uso de la red agallera de 6' y su eficiencia es del 30%, mientras que en Teacapán el arte preferido es el palangre cazonero con una eficiencia del 40%. En ambos casos, estas artes además de pescar al tiburón martillo capturan especies de escama fina (lenguados, pargos, chernas, robalos y baquetas entre otros) y otros elasmobranquios con lo que el uso de estas dos artes es más que justificado.

Por lo que respecta a las redes agalleras menores de 6' se observó que casi se encuentra en desuso en Michoacán, sin embargo para Teacapán las redes agalleras 3.5' y 4' ocupan el segundo y tercer lugar en uso, con eficiencias del 80 y 70% respectivamente. En ambas

localidades, las especies objetivo están incluidas en la categoría comercial de segunda y los elasmobranquios capturados son en una gran mayoría inmaduros. Para Teacapán la red de 4' es vital en la pesca dirigida a los ariidos (cuatetes, chihuiles, candoras y bandera) que son altamente comercializables.

Como propuesta de regulación de los artes de pesca para ambas regiones es retirar por lo menos las redes agalleras de 3.5' y remplazarlas por redes de 6'. En el caso particular de Teacapán es necesario evaluar distintas aberturas de malla para la captura de los ariidos y su influencia sobre los elasmobranquios.

Selectividad de las artes de pesca a la talla de captura

En términos generales, la pesca en ambas regiones presenta una alta selectividad a tiburones martillo inmaduros (intervalo de 45 cm a 160 cm de LT). Los resultados presentados en este trabajo concuerdan con lo observado por Saucedo *et al*., (1982); Manjarres *et al*., (1983); Sarabia y Velásquez, (2002) y Pérez-Jiménez, (2002) para la pesquería de Mazatlán, Sinaloa y por Campuzano-Caballero, (2002) y Soriano-Velásquez *et al*., (2006) para el Golfo de Tehuantepec. Sin embargo, se puede apreciar a través del análisis realizado a las tallas capturadas con los palangres en Teacapán que esta arte de pesca es la que captura los individuos más grandes (intervalo de 45 a 297 cm de LT y promedio de 100 cm de LT), y por lo tanto es a la fecha la arte que menos impacta a los stocks en ambas regiones estudiadas.

Mortalidad e índices de explotación

Mortalidad Total (Z)

Usando la ecuación propuesta por Ricker, (1975) para determinar la mortalidad como la parte porcentual de las población que muere ($\% = 100(1\text{-}e^{-Z})$), se encontró que para los tiburones martillo de Michoacán se calcula una mortalidad de 46%, mientras que en Teacapán esta es del 48%. Usando la formula para los puntos porcentuales de cambio (PPC, Cambell, 1981), se observa que a lo largo de un periodo de 24 años, los cambios significativos se dan a los 13 años con 12.3 PPC y llegan a los 8,102 PPC a los 24 años, resaltando la evidencia de una mayor mortalidad en el stock analizado en Teacapán, mismo que puede deberse a la influencia de un mayor esfuerzo pesquero en esta localidad.

Para trabajos de mortalidad total de *S. lewini,* solo se cuenta con el trabajo de Soriano-Velásquez (2006) que proporciona un valor de 0.929 a 1.461 $años^{-1}$ para el Golfo de Tehuantepec. En el presente trabajo, los valores son inferiores lo que puede indicar una mayor presión pesquera en el Golfo de Tehuantepec, se recomienda por tanto que se analicé en cualquier estudio de esta y otras especies la mortalidad total a través de las curvas de captura (por edad o por talla), con la finalidad de dar un dato más que realce los estudios realizados y proporcione más información para la regulación pesquera de este grupo de elasmobranquios.

Mortalidad natural (M)

La mortalidad natural calculada para las hembras no difiere entre ambas localidades y es muy probable que se deba de manera indirecta a la segregación que presentan los elasmobranquios (Springer, 1967). Las hembras de esta especie generalmente se ubican en las zonas más profundas (Klimley, 1987) donde se puede reducir la depredación y la competencia inter-específica. La única etapa de su vida donde se acercan a la costa es durante la época de reproducción. Usando los mismos análisis que para la mortalidad total (Z), se encontró que M para los machos representa una mortalidad del 27% para Michoacán y el 21% para Teacapán. Los puntos porcentuales de cambio significativos se dan a los 8 años con 16.8 PPC hasta 26 X 10^9 PPC a los 24 años, lo que significa que en Michoacán la mortalidad natural es más alta. La presencia de los machos de esta especie en zonas más someras (como en la costa michoacana), después que han alcanzado la madurez sexual (Klimley, 1987; Chen *et al.,* 1988), los coloca en una posición de mayor competencia inter-especifica con los peces demersales mayores además de que su longevidad es menor que las hembras, lo que puede potenciar la mortalidad en los estadios más longevos.

Los trabajos relacionados a la mortalidad natural tiene un intervalo de 0.107 a 0.28 $años^{-1}$ (Lui y Chen, 1999; Márquez-Farías, 2002; Cortés, 2002; Soriano-Velásquez *et al.,* 2006; Chen y Yuan, 2006), lo que pone de manifiesto la incertidumbre en los parámetros de la historia de vida que Cortes (2002) menciona para *S. lewini*.

Mortalidad por Pesca (F)

De manera porcentual la mortalidad por pesca en las hembras fue del 29.5% para Michoacán y del 32% para Teacapan. Los puntos porcentuales de cambio son significativos a los nueve años con 11 PPC hasta 14 X 10^8 PPC a los 24 años. Así mismo para los machos este valor es del 25.5 % para Michoacán y del 34% para Sinaloa con puntos porcentuales de cambio significativos a los 13 años con 12 PPC hasta 4,500 PPC a los 24 años. Queda de manifiesto que existe una mayor mortalidad por pesca en el sur de Sinaloa. Esta zona es de mayor tradición pesquera que el estado de Michoacán donde la pesca prácticamente comienza en los años 60´s, los efectos de esta mortalidad se reflejan en las edades de mayor puntos porcentuales de cambio, mismas que sobrepasan las edades de primera madurez sexual, ya que la captura de organismos inmaduros influye de manera directa a la población madura evidenciando así la denso-dependencia de esta especie.

Relativo a la mortalidad por pesca para esta especie, solo Soriano-Velásquez *et al.,* (2006) proporciono valores de F (0.798 a 1.33 años^{-1}) que sobrepasan a lo encontrado en este estudio, por lo que es necesario seguir con las evaluaciones de este recurso.

Índice de explotación (E)

Los valores de E encontrados en este trabajo muestran poblaciones que se encuentran en los niveles máximos de explotación (Gulland, 1971). Para Michoacán la parte más afectada por la pesca son las hembras debido a que son principalmente capturadas en las cercanías del

área de crianza, mientras que en Teacapan son los machos los mas afectados con la explotación ya que estos se concentra en las zonas más costeras donde se capturan con todas las artes de pesca de manera dirigida o como fauna de acompañamiento. Solo Soriano-Velásquez *et al*., (2006) proporciona el valor de E (0.88) para el Golfo de Tehuantepec, que comparados con el presente trabajo es demasiado alto, lo que implica que en las zonas de estudio del presente trabajo el esfuerzo pesquero es inferior al del Golfo de Tehuantepec.

Rendimiento por recluta.

El análisis del rendimiento por recluta mostró que con la pesca de organismos adultos se consiguen los mejores rendimientos. Sin embargo es notorio un comportamiento diferente en ambas localidades, siendo más productivas las hembras de Michoacán y los machos de Teacapan. Ambos con rendimientos por recluta de aproximadamente 4.5 kg/recluta en las condiciones actuales de pesca de cada localidad, mientras que en el caso del escenario al MSY es de aproximadamente 9.2 kg/recluta con F = 1.0 y E_{pc} de 5 años. Por otro lado, las hembras de Teacapan presentan los menores rendimientos en el escenario actual de pesca (2.3 kg/recluta) y en MSY con 3.7 kg/recluta. En general los resultados están en concordancia con lo observado para otras especies de tiburones, es decir los mejores rendimientos se dan cuando se capturan individuos maduros sexualmente (Grant *et al*., 1979; Walker, 1992; Au y Smith, 1996). Es importante resaltar que para todos los casos el MSY se alcanza con una F = 1.0 y con E_{pc} de 4 años en adelante. Es evidente que para ambas localidades los datos actuales de pesca están lejos del RMS, más común para muchas pesquerías mundiales.

Análisis demográfico

En lo relativo a la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r), la longevidad del stock de Michoacán (24 años) influye a que el valor de r sea mayor por 29 puntos porcentuales al de Teacapan (con longevidad de 29 años). Por otro lado los valores de fecundidad influyen a que el stock de Michoacán tenga valores mayores de la tasa neta reproductiva (R_0) que el stock de Teacapan de 25 puntos porcentuales. Lo anterior le da mayor resistencia a la pesquería al stock de Michoacán. Si la longevidad es menor es muy probable que se obtengan valores más altos de los valores de r y R_0, pero además se debe de considerar la edad de madurez sexual (Lui y Chen, 1999). Los valores de r encontrados en el presente trabajo se encuentran dentro del intervalo de 0.08 a 0.305 que ha sido reportado (Lui y Chen, 1999; Cortes, 2001; Frisk *et al*., 2001; Chen y Yuan, 2006; Soriano-Velásquez *et al.*, 2006), al ser un intervalo demasiado amplio reafirma lo mencionado por Cortés (2002) quien ubico a *S. lewini* como una de las especies con mayor incertidumbre en sus parámetros demográficos.

Con respecto a la tasa neta de reproducción (R_0) en el presente trabajo se presenta uno de los valores más altos (13 crías hembras por madre para Michoacán y 10.5 para Sinaloa), el rango reportado es de 3.6 a 19.8 crías hembras por madre. Las diferencias pueden derivar desde los reportes sobre determinación de la edad y crecimiento, como las edades de primera madures sexual, que van de los 4.5 a los 15 años y las longevidades que van de 15 a 39 años que minimiza el valor de R_0 (Lui y Chen, 1999).

Aun cuando los valores difieren entre ambos stocks, los juveniles se muestran como la parte proporcional más frágil de la población (Cortés, 2002; Frisk *et al*., 2004) (Figura 90), y quizá esto es lo que aumenta la mortalidad de la población de Teacapan ya que es el lugar de los dos estudiados donde se pescan más juveniles.

El análisis de las elasticidades mostró que la parte poblacional más frágil de *S. lewini* se encuentra en los juveniles, esto se cumple tanto para Michoacán (53%) como en Teacapán Sinaloa (45.4%). Estos valores son muy cercanos a los publicados por Cortés, (2002) quien reporta para el Pacífico nor-oriental valores de 53.5%. Frisk *et al*., (2004) reportan 43 % para el Golfo de México, y difieren del valor estimado por Cortés, (2002) para el Golfo de México con un 82 %. La segunda parte más frágil de estas poblaciones son los adultos ya que las elasticidades reportadas de esta fracción poblacional presentan un intervalo de 12 a 34%, los valores estimados en este trabajo presentaron valores de 20.5% para Michoacán y de 32% para Teacapán, encontrándose dentro de el intervalo que para la especie ha sido reportado.

Escenarios de pesca

En el presente estudio, la simulación para la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r), muestra que un intervalo de mortalidad por pesca (F) que puede mantener valores positivos de r, sería de 0.05 a 0.2 años^{-1} en el caso de mantener la edad de primera captura actual (E_{pc} = 0 a 1 años). En el caso de cambiar las edades de primera captura a edades de madurez

sexual (mayores a 4 años) se podría usar una F = 0.35 $años^{-1}$ para Michoacán y F = 0.26 para Teacapan. Para llevar a cabo esta estrategia de regulación los cambios en el régimen pesquero de ambas regiones implicaría la reducción del esfuerzo pesquero y la implementación de cuotas de captura y límite de tallas en la pesca.

A nivel internacional solo existe un trabajo donde se realizaron simulaciones en distintos escenarios de pesca (Lui y Chen, 1999), en donde similar que en este trabajo, la mortalidad por pesca recomendada es de 0.3 $años^{-1}$ para los cinco años que es la edad de madurez de los tiburones martillo de las aguas de Taiwan (Chen *et al*., 1988).

Análisis de la morfometría geométrica

El presente estudio demuestra que las diferencias morfométricas significativas entre las dos localidades de muestreo se presentan en la distancia intercefálica posterior y distancia intercervical anterior. Estas distancias implican la comparación de anatomías que involucran adaptaciones conductuales y sensoriales de estos organismos. Por ejemplo, las aletas cefálicas de los sphyrnidos son una adecuación para aumentar el área de las ámpulas de Lorenzini y de las rosetas olfativas (Kajiura, 2001, 2003). Así también, la búsqueda de alimento y de parejas reproductivas es uno de los factores que potencializan los cambios morfológicos entre ellos los músculos que ayudan al movimiento. Finalmente, en los sphyrnidos la capacidad de maniobra en el nado es mayor que en otros grupos de tiburones, así mismo son el único grupo que posee músculos hipoaxiales que son los responsables de

este nado (Nayaka, 1995), no es aventurado entonces a afirmar que las dos regiones de este estudio influyan de manera especial en estos músculos.

Una de las posibles causas de las diferencias morfométricas poblacionales de *S. lewini* en las regiones estudiadas es la filopatría, esto es, la tendencia a regresar a las regiones de alimentación y reproducción. Esto esta sustentado en la teoría de la Conducción Sensorial de Boughman (2002), quien postula que la reproducción esta basada en procesos sensoriales (como el olfato, tacto y visión), mismos que son afectados si las regiones difieren en sus parámetros físico-químicos, ya que la transmisión de señales (como feromonas, patrones de coloración y cortejo) se verán modificadas y por ende se deberán de adecuar los individuos a estas características, sirviendo como pivote para la especiación.

CONCLUSIONES

El desarrollo del presente trabajo sugiere la existencia de diferencias poblacionales (clina) entre los tiburones martillo (*S. lewini*) de la costa de Michoacán (región oceanográfica del Pacífico tropical) con los tiburones martillos de sur de Sinaloa (región oceanográfica del Golfo de California). Se concluye por lo tanto que las normas de regulación pesquera que incluyen a esta especie de tiburón deberán de considerar las implicaciones señaladas en este estudio.

Las conclusiones que a continuación se presentan incluyen el resultado de análisis metodológico así como conclusiones generales del trabajo

1. La relación entre la longitud alternativa y la longitud total es una medida de recuperación de datos de organismos eviscerados.

2. La técnica recomendada para observar los anillos de crecimiento en el borde vertebral para la especie fue el Rojo de Alizarina S con un índice de precisión (D) de 5.29.

3. En ambas localidades de estudio se forma el primer anillo de crecimiento inmediatamente después de nacer

4. La formación de anillos de crecimiento es bianual, es decir dos anillos por año.

5. Los tiburones del Sur de Sinaloa son más grandes pero crecen a una velocidad menor que los tiburones de Michoacán.

6. La proporción sexual de los embriones fue en todos los casos de 1:1.

7. No se encontraron diferencias significativas entre las longitudes de madurez sexual de la especie en las dos localidades estudiadas

8. La talla de nacimiento presenta para ambas localidades de estudio un intervalo de longitud total de 45 a 54 cm.

9. En ambas localidad se estimo un periodo de gestación de 10 a 11 meses.

10. Las temporadas de parto difieren en ambas localidades, siendo para Michoacán durante junio-agosto y en Teacapán de agosto a septiembre.

11. Las temporadas de apareamiento difieren entre ambas localidades, siendo para Michoacán durante agosto-septiembre y en Teacapán durante septiembre-noviembre.

12. Se recomienda evitar el uso de la red de 3.5’ de abertura de malla ya que es la que más neonatos captura.

13. Las mejores artes de pesca por su efectividad y selectividad son los palangres y la red agallera de 6’ de abertura de malla.

14. Se encontraron diferencias significativas entre la mortalidad total (Z) estimada en ambas localidades, siendo mayor para Teacapan, Sinaloa probablemente influenciada por el mayor esfuerzo pesquero utilizado en esta localidad

15. La mortalidad por pesca (F) estimad fue mayor para el sur de Sinaloa donde la pesca se realiza en aguas más someras y con mayor esfuerzo pesquero que en Michoacán.

16. El índice de explotación (E) para ambas localidades indica que la explotación de estos stocks esta rebasando los niveles de la pesca en equilibrio.

17. Los parámetros demográficos de los tiburones de la costa de Michoacán son mayores que los de Teacapan, influenciados a una mayor rapidez en el crecimiento individual, una menor longevidad que la que poseen los tiburones de Teacapan, Sinaloa.

18. El análisis de elasticidad presentó a los juveniles como la parte más frágil de la estructura poblacional de ambas localidades

19. El análisis de rendimiento por recluta (Y/R) mostró que Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) se logra para ambos stocks con una mortalidad por pesca de 1.0 a edades mayores de cuatro años y un Y/R de 3 a 9 kg.

20. De acuerdo al análisis demográfico con simulación a distintos escenarios de pesca se encontró que ambas provincias pueden presentar una buena respuesta en la tasa intrínseca de incremento poblacional en un intervalo de mortalidad por pesca de 0.05 a 0.2 $años^{-1}$ con el actual intervalo de edad de captura (cero a un año)

21. El análisis morfométrico mostró que la distancia intercefálica posterior y la intercervical anterior son las que marcan las clinas poblacionales en los stocks de la costa michoacana y del sur de Sinaloa.

LITERATURA CITADA

Abercrombie D. L., Clarke S. C., y. Shivji M., S., 2005. Global-scale genetic identification of hammerhead sharks: Application to assessment of the international fin trade and law enforcement. *Conservation Genetics* 6:775–788

Acuña, E., L. Cid, E. Pérez, I. Kong, M. Araya, J. Lamilla, y J. Peñailillo., 2001. Estudio biológico de tiburones (marrajo dentudo, azulejo y tiburón sardinero) en la zona norte y central de chile. pp. 128, *Subsecretaría de Pesca.* Chile.

Álvarez J. R., 1977. *Enciclopedia de México*. Ed. México Vocablo de Michoacán. 2da Edición. México.

Alverson D. L., y M. J. Carney., 1975 A Graphic review of the growth and decay of population cohorts. *J. Cons. Int. Explor. Mer*. 36 (2): 133-143.

Anderson E. D. S., 1990. Fishery models as applied to elasmobranch fisheries. *In:* Elasmobranch as living resources: Advances in the biology, ecology, systematics, and status of the fisheries. (H. L. Pratt Jr. S. H Gruber. y T. Taniuchi (Eds.), p: 473-484.U.S. Dep. of Commerce. *NOAA. Technical Report. NMFS.*90.

Andrade G. Z., 1996. Determinación de edad y crecimiento en vértebras del tiburón cornuda, *Sphyrna lewini*, del Pacífico mexicano (1992-1994). *Tesis de Biología*, Fac. de Ciencias, Universidad de Guadalajara, México.

Anislado Tolentino V., 1995. Determinación de la edad y crecimiento del tiburón martillo, *Sphyrna lewini*, (Griffith y Smith, 1834) en el Pacífico Central mexicano. *Tesis de Licenciatura en Biología*. Fac. de Ciencias. UNAM. 64 p.

Anislado Tolentino V., 2000. Ecología pesquera del tiburón martillo, *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) en el Litoral del Estado de Michoacán, México. *Tesis Postgrado. M. en C. (Biol. Sist. y Rec. Acuát)*. Facultad de Ciencias UNAM. 142 p.

Anislado Tolentino V., 2004. *Reporte técnico del segundo crucero de prospección de los recursos pesqueros demersales y pelágicos, en la costa de Michoacán, a bordo del B/M Jurel XV, durante los días del 19 al 29 de Mayo de 2004.* SAGARPA (INP), Gobierno del Estado de Michoacán (Comisión Estatal de Pesca)., Pesca y Productos Procesados Marinos. S. A. de C. V. (Mazatlán, Sin). In-paginado

Anislado Tolentino V. y Robinson Mendoza C., 2001. Edad y crecimiento del tiburón martillo, *sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) en el Pacífico Central Mexicano. *Ciencias Marinas*.27 (4):501-520

Anónimo., 1963. Derrotero F. H. N. 102. *Costas sobre el Océano Pacífico de México, América Central y Colombia*. Dir. Gral. de Faros e Hidrología. Secretaría de Marina. México D. F. 267 p.

Anónimo., 1976. Carta geológica de la República Mexicana. UNAM. 4ª ed. México.

Anthony V. C., 1982. The calculation of $F_{0.1}$: a plan for standardization. *NAFO SCR. Doc*. 82/VI/64 Ser. No. N557:15p.

Applegate P. S., L. Espinosa Arrubarrena, L. Menchaca Lopéz. y F. Sotelo- Macias., 1979. *Tiburones mexicanos*. SEP. México 146p.

Applegate P. S., F. Sotelo-Macías, y L. Espinosa Arrubarrena., 1993. An overview of Mexican shark fisheries, with suggestion for shark conservation in Mexico. U. S. Dep. Commer. *NOAA. Technical Report. NMFS* 115: 31-37.

Araya, M. y L. Cubillos., 2001. El análisis retrospectivo del crecimiento en peces y sus problemas asociados. *Revista Chilena de Historia Natural*. http://www. scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717- 65382002000200010 &lng= es&nrm =i

Au David W., y S. E. Smith., 1997. A Demographic Method with Population Density Compensation for Estimating Productivity and Yield per Recruit of the Leopard Shark (*Triakis semifasciata*). *Can. J. Fish. Aquatic Sci.* 54: 415-420

Bagenal T. B., 1966. A short review of fishes fecundity pp 89-111, *In*: S. D. Gerking (Ed.), *The Biological Basis of Freshwater Fish Production*. Blackwell Scientific Publication. Oxford.

Baranov F. I., 1918. On the question of biological basis of fisheries. *Nuchn. Issled. Ikhtiol. Inst. Izv. 1: 81-128* (Resumen en ingles, texto en ruso).

Bass A. J., J. D´Aubrey., y N. Kistnasamy., 1975. Sharks of the east coast of southern Africa. III.- The families Carcharhinidae (excluding Mustelus and Carcharhinus) and Sphyrnidae. *Investigation Reports in Oceanographic Researches Institute*. 38: 1-100.

Beamish, R.J., y D.A. Fournier., 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can. J. Fish. Aquatic Sci.*. 38: 982-983

Berdegué A. J., . 200. *Depredación de las especies pelágicas reservadas a la pesca deportiva y especies en peligro de extinción con el uso indiscriminado de artes de pesca no selectivas (palangres, FAD'S, trampas para peces y redes de agallar fijas y a la deriva) por la flota palangrera mexicana.* Fundación para la conservación de los Picudos A. C. Documento interno. 32 p.

Bertalanffy L. von., 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws II). *Human. Biol*. 10: 1981-213

Beverton R. J. H., y S. J. Holt., 1956. A Review of methods for estimating mortality rates in fish populations with special references to sources of bias in catch sampling. *Rapp. P. V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer*. 140: 67-83

Beverton R. J. H., y S. J. Holt., 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest. Ser.2*. (19): 1-533.

Bonfil S. R., 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. *FAO. Fisheries technical paper*. 341.119 p.

Bonfil. S. R., 1997. Status of sharks resources in the southern Gulf of Mexico and Caribbean: implications for management. *Fisheries Research*. 29: 101-107.

Bonfil R., R. Mena. y D. De Anda., 1993. Biological parameters of commercially exploited silky sharks, *Carcharhinus falciformis*, from the Campeche Bank, México. 73-85 *p. In:* Branstetter Steven (Ed). Conservation biology of elasmobranchs. *U.S. Dep. Commer. NOAA. Technical Repot. NMFS. 115.*

Booke H. E., 1981. The conundrum of the "stock" concept - Are nature and nurture definable in fishery science?. *Can. J. Fish. Aquatic Sci.* 38: 1479-1480

Bookstein F. L., 1991. *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology*. Cambridge University Press. 435 p.

Boughman J. W., (2002). How sensory drive can promote speciation. *Trends in Ecology & Evolution* 17: 571-577, 2002

Branstetter S. D., 1987. Age, growth and reproductive biology silky shark, *Carcharhinus falciformis* and scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, from the northwestern Gulf of Mexico. *Environmental of Biology of Fishes*. 19(3): 161-173

Briggs John C., 1974. *Marine zoogeography*. McGraw-Hill, New York.

Briggs John C., 1995. *Global Biogeography*. Elsevier Science. Amsterdam, Paises Bajos (Holanda). 452 p.

Brusca R. C. y B. R. Wallersstein., 1979. Zoogeographic patters of ideoteid isopods in the northeast Pacific, with a review of shallow water zoogeography of the area. *Bulletin Biology Society of Washington.* 3: 67-105.

Cadrin S. X., 2000. Advances in morphometric identification of fishery "stocks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries.* 10: 91-112

Cadrin S. X., y K. D. Friedland., 1998. The utility of image processing techniques for morphometric analysis and "stock" identification. *Fisheries Research.* 43 (1-3): 129-139

Cailliet G. M., 1992. Demography of central California population of the leopard Shark (*Triakis semifasciata*). *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*. 43: 183-193

Cailliet G. M., H. F. Mollet., G. G. Pittenger., D. Bedford, y L. J. Natanson., 1992. Growth and demography of the pacific angel shark (*Squatina californica*), based upon tag returns off California. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research.* 43: 1313-1330.

Cambell S. K., 1981.*Equívocos y falacias en la interpretación estadística*. Ed. Limusa. México. 246 p.

Camhi M. y J. Musick., 1998. Sharks suffer from an identy crisis. *Current* 14: 16-21.

Campana S. E., 2001 Accuracy, precision and quality control in age determination, including review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology*. 59, 197–242.

Campana, S. E., M. C. Annand y J. I. McMillan., 1995. Graphical and statistical methods for determining the consistency of age determinations. *Transaction of American Fisheries Society*. 124: 131-138.

Campuzano Caballero, J. C., 2002., Biología y pesquería del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834), en Puerto Madero, Chiapas, Estados Unidos Mexicanos. *Tesis de licenciatura en Biología*, UNAM, Facultad de Ciencias. México 196 p.

Cano P. F. A., 1991. Oceanografía física. 453-495 Pág. Golfo de California. *In*: de la Lanza E. P (Ed.). 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT Editor. S. A. 569 p.

Carey, F. G., Kanwishcr, J. W., Brazicr, O., Gabrielson, G., Casey, J. G., y Pratt, H. L. Jr., 1982. Temperature and activities of the white shark *Carcharodon charcharias*. *COPEIA*. (2): 254-260.

Carlson, J., G. R. Parsons., 1997. Age and growth of the bonnethead shark from northwest Florida with comments on clinal variation. *Environmental Biology of Fishes*. 50: 331-341.

Carlson J. K, Cortes E, y Bethea D. M., 2003. Life history and population dynamics of the finetooth shark (*Carcharhinus isodon*) in the northeastern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin.* 101: 281–292

Castillo G. J. L., 1990. Contribución al conocimiento de la biología y pesquería del cazón bironche. *Rhizopriodon longurio* (Jordan y Gilbert 1882) (Elasmobranchii, Carcharhinidae) del sur de Sinaloa México. *Tesis de licenciatura en biología*. Facultad de Ciencias. UNAM. 128 p.

Castillo G. J. L., 1992. *Diagnóstico de la pesquería del tiburón en México*. INP. Sría. Pesca. ISBN 968-257-X 1a. Ed. México. 72 p.

Castillo Géniz J. L., y J. F. Márquez F., 1996. *Evaluación de la pesquería de tiburón del Golfo de México*. Informe Final de Proyecto de Investigación. Investigador responsable M. en C. Mª. Concepción Rodríguez De La Cruz. SEMARNAP. INP. CONACYT. (116002-5-1314N-9206). Inpaginado.

Castillo Géniz J. L., A. Cid del Prado V., C. Robinson M, y V. Anislado T., 1996. *Estado Actual del Conocimiento Científico y Tecnológico de los Tiburones como Recurso Natural Renovable de México*. SEMARNAP/ INP/ ICMyL/ Fac. de Ciencias. UNAM. Informe interno para el Grupo de Trabajo No. 4. "La Pesquería de Tiburón", Norma Oficial Mexicana para la Regulación de la Pesca de Tiburón. Documento Interno inpaginado.

Castillo-Olguín Evangelina., 2005. Estructura genética poblacional de dos especies De tiburones (*Carcharhinus falciformis* y *Sphyrna lewini*) del pacífico mexicano. *Tesis Maestría en Ciencias Biológicas (Biología experimental)*. Facultad de Ciencias. UNAM. 98 p.

Castro I. J., 1993. The Sharks nursery of Bulls Bay, South Carolina, with a review of the shark nurseries of Southeastern coast of the United States. *Env. Biol. Fish.* (38): 37-48.

Castro J. I., C. M. Woodley., y R. L. Brudek., 1999. A preliminary evaluation of the status of shark species. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 380: 72 p.

Caswell, H., 2001. *Matrix population models*. Sinauer Associates, Inc., Sunderland Massachussets.

Ceballos-Corona, J. G. A., 1988. Contribución al conocimiento de la composición y distribución del fitoplancton de la Bahía de Maruata, Michoacán, México. *Tesis de licenciatura en biología*. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 110 pp.

Chang W. Y. B., 1982. A statistical methods for evaluating the reproducibility of age determination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science.* 39: 1208-1210

Chapman, D. G., 1961. Statistical problems in dynamics of exploited fisheries populations. Pp. 153–168. In: Neyman, J. (Ed), *Proc. 4th Berkeley Symp. on Mathematics, Statistics and Probability*, Vol. IV. University of California Press, Berkeley.

Charvanov E. L., y D. Berrigan., 1990. Dimensionless numbers and life history evolution: age of maturity versus the adult lifespan. *Evolution and Ecology*. 4: 273-275.

Chen C. T., T. C. Leu., y J. Joung., 1988. Notes on reproduction in the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*, in northeastern Taiwan waters. U.S. Fish Wild. Serv. *Fishery Bulletin*. 86(2): 389-393.

Chen C. T., T. C. Leu., N., y Ch. Lou., 1990. Age and growth of the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*, in Northeastern Taiwan waters. *Pacific Science*. 44 (2): 15-170

Chen P., y Yuan W., 2006. Demographic analysis based on the growth parameter of sharks. *Fisheries Research* 78: 374–379

Chen Y. D., A. Jackson., y H. H. Harvey., 1991. A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in modeling fish growth data. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciencies*. 49: 1228 - 1235

CIBNOR., 1995. *Evaluación del impacto al ambiente marino por la descarga térmica de la central termoeléctrica de Petacalco, Guerrero.* 7 tomos Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

Clarke Thomas A., 1971. The ecology of the scalloped hammerhead shark. *Sphyrna lewini,* in Hawaii. *Pacific Science*. (25). 133-144

Compagno L. J. V., 1973. Interrelationships of living elasmobranchs. Pag. 15-61 *In*: Greenwood P. H., R. S. Miles, y C. Patterson, (Eds.) *Interrelationships of fishes* Academic Press London.

Compagno, L. J. V., 1984. Sharks of the World, an Annoted and Illustrated Catalogue of Sharks Species Known to Date. *FAO. Fisheries synopsis* 125, 4 (parte 3 y 4).

Compagno, L.J.V., 2001. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Vol. 2. Bullhead, mackerel, and carpet sharks (Heterodontiformes, Lamniformes, and Orectolobiformes). *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes.* No. 1, vol.2. Rome, FAO. 2001. 269 p.

Conrath, C. L., J. Gelsleichter, y J. A. Musick., 2002. Age and growth of the smooth dogfish, *Mustelus canis*, in the northwest Atlantic. *Fishery Bulletin.*. 100:674−682.

Cortés, E., 1995. Demographic analysis of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*, in the Gulf of Mexico. *U.S. Fish Wild. Serv. Fishery Bulletin.* 93: 57-66.

Cortés, E., 2000. Life history patterns and correlations in sharks. *Reviews in Fisheries Science*. 8:299–344.

Cortés E., 2002. Incorporating uncertainty into demographic modeling: applications to shark populations and their conservation. *Conservation Biology*. 16 (4): 1048-1062.

Cortés E., y G. R. Parsons. 1995. Comparative demography of two populations the bonnethead Shark (*Sphyrna tiburo*). *Can. J. Fish. Aquatic Sci.*. 53: 709-718.

Cortés N., C. Oyarzun., y R. Gallegillos., 1996. Diferenciación poblacional en la sardina común, *Strongomera bentinuk*, (Norman, 1936) 2: Análisis Multivariado de las morfometrías y merística. *Reviews in Biology Marine*. 31 (2): 91-105

Corti M., y D. Crosetti., 1996. Geographic variation in the grey mullet. A geometric morphometric analysis using partial warp scores. *Journal of Fish Biology*. 48: 255-269

Corti M., R. S. Thorpe., L. Sola., V. Sbordeni., y S. Cataudella., 1988. Multivariate morphometrics in aquaculture. A case study of the "stocks of the common carp (*Cyprinus carpio*) from Italy. *Can. J. Fish. Aquatic Sci.* 45: 1548-1554.

Correa P. Genaro., 1974. *Geografía del Estado de Michoacán, Geografía Física*, Tomo I, EDDISA, Morelia,

Crow G. L., C. G. Lowe., y B. M. Wertherbee., 1996. Shark records from longline fishing programs in Hawaii with comments on Pacific Ocean distributions. *Pacific Science.* 50(4): 382-392.

Dayton L., 1991. Save the sharks. *New Scientist*. 15 June: 34-38.

de la Lanza E. P., (Ed.). 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT Editor. S. A. 569 p.

Defeo, O., F. Arreguín-Sánchez, y J. Sánchez., 1992. Growth study for the yellow clam *Mesodesma mactroides:* a comparative analysis of three length-based methods. *Scientia Marine.* 56: 53-59.

Deriso., 1987. Optimal F0.1 criteria and their relationship to maximum sustainable yield. *Can. J. Fish. Aquatic Sci.* 44 (Suppl. 2): 339-348.

Dodrill J. W., 1977. A hook and line survey of the sharks of Melbourne Beach, Brevard County, Florida. *MSc Dissertation*, Florida Institute of Technology, Melbourne. Inpublicado

Dudley S. F. J,. y G. Cliff., 1993. Sharks caught in the protective gill nets off natal, South Africa. 7. The blacktip shark *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes). *S. Afr. Sci*. 13: 237-254

Duncan K. M., A. P. Martin, B. W. Bowen, y H. G. De couet., 2006. Global phylogeography of the scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*). *Molecular Ecology*. 10: 1-13

Elliot N. G., Haskard K., Koslow J. A., 1995, Morphometrics analysis of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) off the continental slope of southern Australia. *Journal of Fish Biology*. 46, 202-220

Escalante-Escobar E., 2001. Distribución y abundancia de postlarvas de los géneros *Farfantepenaeus spp*. y *Litopenaeus spp*. (Crustacea: Decapoda: penaeidae) en la plataforma continental del sur de Sinaloa durante un ciclo anual. *Tesis Maestría (Maestría en Ciencias del Mar)*, Oceanografía Biológica y Pesquera-UNAM, Colegio de Ciencias y Humanidades, Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Postgrado. 158 p

Espinosa O. D., y J. Llorente B., 1993. *Fundamentos de biogeografías filogenéticos.* México. UNAM- CONABIO. 133 p.

Evans, G.T. and J.M. Hoenig., 1998. Testing and Viewing Symmetry in Contingency Tables, with Application to Fish Ages. *Biometrics*. 54: 620-629

FAO., 1999. Informe del grupo técnico de trabajo de la FAO sobre la conservación y ordenación del tiburón. Tokio, Japón, 23-27 de abril de 1998. *FAO Informe de Pesca*. No. 583. Roma, FAO. 1999. 30 p.

Ferreira, B. P., y C. M. Vooren., 1991. Age, growth, and structure of vertebra in the school shark *Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758) from southern Brazil. *Fishery Bulletin*. 89 (1): 19-31.

Flamand S. C. L., 1991. Oceanografía geológica. Pacífico tropical mexicano. Cabo corriente a la frontera con Guatemala. 117-150 Pág. In: de la Lanza E. P (Ed.). 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT Editor. S. A. 569 p.

Francis R. I. C. C., 1990. Back-calculation of fish length: a critical review. *Journal of Fish Biology*. 36: 883-902.

Frisk M. G., T. J. Miller, y M. J. Fogarty., 2001. Estimation and analysis of biological parameters in elasmobranch fishes: a comparative life history study. *Can. J. Fish. Aquatic Scien.* 58: 969–981

Frisk M. G., T. J. Miller, y N. K. Dulvy., 2004. Life histories and vulnerability to exploration of elasmobranchs: inferences from elasticity, perturbation and phylogenetic analyses. *e-J. Northw. Atl. Fish. Sci.* Vol. 34:1-19

García-Reséndiz, J. A., G. Expósito Días, S. Castillo Sandoval, A. Pérez Mendoza, y E. Ramírez Zaldivar (Eds)., 2004. *Informe de la campaña oceanográfica PROCEAM I, estudio prospectivo oceanográfico frente a las costas del Pacífico Central Mexicano. Realizado del 15 al 19 de mayo de 2004. Métodos de muestreo en la Investigación oceanográfica*. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México D. F. 100 p.

García-Téllez Ninel., 1998. Evaluación del traslado de nidos de tortuga marina *Dermochelis coriacea* como técnica de conservación en el playón de Mexiquillo, Michoacán. *Tesis de Licenciatura en Biología*. Facultad de Ciencias. 63 p.

Garrick J. A., F. 1982. Sharks of the genus Carcharhinus. *NOAA Technical Report. NMFS Circular* 445.

Gilbert. P. W., 1981. Patter of sharks reproduction. *Oceanus*. 30-39.

Gilbert. R. C., 1967. A revision of hammerhead sharks (Family Sphyrnidae*). Procc. Us. Nat. Mus.* (119) (3539): 1-88.

Girón Botello Elba., 1981. Productividad primaria en Caleta de Campos, Michoacán. 2da parte. *Informe de Biología de Campo. Serie Ecología No. 127*. Facultad de Ciencias UNAM. Inpaginado.

Goldman, K.J., 2004. Age and growth of elasmobranch fishes. . 97-132 p. *In* J.A. Musick, y R. Bonfil (Eds) *Elasmobranch fisheries management techniques*.. Singapore: APEC.

Goldman K. J, y J. A. Musick., 2006 Growth and maturity of salmon sharks in the eastern and western North Pacific, with comments on back-calculation methods. *Fishery Bulletin.* 104: 278–292

Grant C. J., R. O. Sandlaand, y A. M. Olsen., 1979. Estimation of growth, mortality and yield per recruit of the australian school Shark, *Galeorhinus australis* (Macleay), from tag recovers. *Aust. J. Mar. Freshwater Res*. 30: 625-637.

Grimes C., 1987. Reproductive biology of the Lutjanidae: a review, pp. 239-294. *In*. Polovina J. J., y S. Ralston., (Eds.). *Tropical Snapper and Grouper: Biology and Fisheries Management.* Westview, Boulder, U.S.A. 659 p.

Grimes C B., A. G. Johnson., y W. A. Fable Jr. 1987. Delineation of king mackerel (*Scomberomorus caballa*) "stocks a long the U. S. eats coast and in the Gulf of Mexico. 186-187 p. *In*: Kumpty H. E., R. N. Vaught., C. B. Grimes., A. G. Johnson., y E. L. Nakamura., (Eds.). Proceedings of the "stocks identification workshop November 5-7, 1985. Panama City Beach, Florida. U. S. *Dep. Commer. NOAA Tech. Memo.* NMFS-SEFC-199

Guerra Sierra, Á., y J. L. Sánchez Lizaso., 1998. *Fundamentos de explotación de recursos vivos marinos*. Acribia. Zaragoza España. 299 p.

Gulland, J. A., 1969. Manual of methods for fish stock assessment. Part 1: Fish population analysis. *FAO Man. Fish. Sci*., 4: 154 pp.

Gulland J. A., 1971. *The fish resources of oceans*. FAO / Fishing New Books. LTD. Surrey England.

Gulland J. A., y Borema L. K., 1973. Scientific advice on catch levels. *Fish. Bull.* 71 (2): 325-335.

Gulland, J.A., y S.J. Holt., 1959 Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. *J. Cons. CIEM*, 25(1):47–9

Gunderson D. R., P. Calland, y B. Goine., 1980. Maturity and fecundity four species of Sebastes. *Mar. Fish. Rev.* 42 (3-4): 74-79.

Gutiérrez-Estrada., 1990. Morfología del delta submarino del Río Balsas. México. *Tesis de Doctorado en Ciencias del Mar y Limnología*. ICMyL. UNAM.

Guvanov Y. P., 1978. The reproduction of some species of pelagic sharks from the equatorial zone of the Indian Ocean. *Journal of Ichthyology.* 18(4-6): 781-792.

Haddon, M., 2001. *Modeling and Quantitative Methods in Fisheries*. Chapman and Hall/CRC. Florida 406 p.

Hasler A. D., 1966. *Underwater guidepost - Homing of salmon*. Univ. of Wisconsin Press. Madinson. WI.

Hazin F., A. Fischer., y M. Broadhurst., 2001. Aspects of reproductive biology of the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*, off northeastern Brazil. *Environmental Biology of Fish*. 61: 151-159.

Heppell S.S., L. B. Crowder, y T. D. Menzel., 1999. Life table analysis of long-live marine species with implications for conservation and management. *American Frisheries Society Symposium*. 23: 137-148

Hernández-Carballo A., 1965a. Resumen de las investigaciones sobre elasmobranquios de la República Mexicana. *An. Inst. Nat. Inv. Biol.-Pesq*. 10(98):1-15.

Hernández-Carballo A., 1965b. Marcado de tiburones y recuperación de marcas en el Océano Pacífico de la República Mexicana. *An. Inst. Nat. Inv. Biol.-Pesq*. 10 (98): 1-015.

Hernádez-Carballo A., 1967. Observations on the hammerhead shark (Sphyrna) in the waters near Mazatlan. Sinaloa, México. Cap. 4: 79-83 pp. *In*: Gilbert P. W., R. F. y D. P. Rall., (Eds). *Sharks, skates and rays*. The John Hopkins Press. Baltimore, Mary land. 624 p.

Hoar, W. S., y Randall, D.T., 1969. Nutrition, digestion and energy utilization. *In*. Hoar, W. S., y D. T. Randall., (Eds). *Fish Physiology. Vol. I.* Academic Press. N. Y., USA.

Hoening J. M., 1983. Empirical Use of Longevity Data to Estimate Mortality Rates. *Fish Bull. 82: 898-893.*

Hoening J. M. y S. H. Gruber., 1990. Life-history Patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management: 1-16 p. *In*: Pratt H., L., Jr., Gruber S., H. y T. Taniuchi., (Eds). Elasmobranch as living resources: Advances in the biology, ecology, systematics, and status of fisheries. *NOAA. Tech. Rep. NMFS.* 90 U. S. Dep. of Commerce.

Hoenig, J.M., M.J. Morgan y C. Brown., 1995. Analyzing Differences Between Two Age Determination Methods by Tests of Symmetry. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*. 52:364-368.

Hoff T. B., 1990. Conservation and management of the Western North Atlantic shark recourse based on the life history strategy limitations of the sandbar shark. *Ph. D. Dissertation*. University of Delaware Newark, DE, 282 pp.

Holden M. J., 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. 117-137 p. *In*: F. R. Harden Jones., (Ed) *Sea fisheries research*. Logos Press, London.

Horn M. H., y L. G. Allen., 1978. A distributional analysis of California coast marine fishes. *J. Biogeogr*. 5: 23-42

Ihssen P. E., H. E. Brooke., J. M. Casselman., J. M. McGlade., N. R. Payne., y F. M. Utter., 1981. “stock” identification: Materials and methods. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*. 38: 1838-1855

Jensen A. L., 1996. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 820-822.

Jones B. C., y G. H. Geen., 1977. Reproduction and embryonic development of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in the Strait of Georgia, British Columbia. *J. Fish. Res. Board Can*. 34: 1286-1292.

Kajiura, S. M., 2001. Head morphology and electrosensory pore distribution of carcharhinid and sphyrnid sharks. *Env. Biolo. Fish.* 61(2): 125-133

Kajiura S. M., J. B. Forni, y A. P.Summers., 2003. Maneuvering in juvenile carcharhinid and sphyrnid sharks; the role of the hammerhead shark cephalofoil. *Zoology*., 106: 1-10.

Kanji G., 1999. 100 *Statistical Test*. Second edition. Sheffield Hallam University. 224 p.

Kato S. y Hernández-Carballo A., 1967. Shark tagging in the Eastern Pacific Ocean, 1962-65. 93-109 p. *In*: Gilbert P. W., R. F. Mathewson y D. P. Rall., (Eds), *Sharks, skates and rays*. The Johns Hopkins Press. Baltimore. Mary Land.:

Klimley A. P., 1987. The determinants of sexual segregation in the scalloped hammerhead shark, *S. lewini*. *Env. Biol. Fish*. 18(1): 27-40.

Klimley A. P., y S. T. Brown., 1983. Sterophotography for the Field Biologist: Measurement of Lengths and Three-dimensional Positions of Free-Swimming Sharks. *Mar. Biol*. (74): 175-185.

Klimley A. P., y S. B. Butler., 1988. Immigration and emigration of a pelagic fish assemblage to Seamounts in the Gulf of California related to water mass movements using satellite imagery. *Mar. Ecol. Prog. Ser*. (49): 11-20.

Klimley A. P., y D. R. Nelson., 1984. Diel Movement Patterns of Scalloped Hammerhead (*S. lewini*) in Relation to El Bajo Espiritu Santo; a Refuging Central position Social System. *Behav. Ecol. Sociobiol*.(15):45-54.

Kohler N. H., J. G. Casey, y P. A. Turner., 1996. Length-Length and Length-Weight Relationships for 13 Shark Species from the Western North Atlantic. *NOAA Technical Memorandum NMFS-NE:* 110. 26 p

Kohler N. A., J. G. Casey, y P. A. Turner., 1998. NMFS cooperative shark tagging program, 1962-93: An Atlas of shark tag and recapture data. *Mar. Fish. Rev.* 60(2): 87 p.

Krebs Charles J., 1994. *Ecology. The Experimental analysis of distribution and abundance. Fourth Edition*. Harper Collins Collage Publishers. 810 p.

Lai H. L., y H. C. Liu., 1979. Age determination and growth of red snapper (*Lutjanus sanguinius*) in the North Australian waters. *Acta Ocean. Taiwanica.* 10: 160-170.

LaMarca, M. J., 1966. A simple technique for demonstrating calcified annuli in the vertebrae of large elasmobranchs. *COPEIA.,* 1966 (2):351-352.

Last, P. R. y J. D. Stevens., 1994. *Sharks and rays of Australia*. CSIRO, Australia. 513 p.

Leonce-Valencia, C., y O. Defeo., 1997. Evaluation of three length-based methods for estimating growth in tropical fishes: the red snapper *Lutjanus campechanus* of the Campeche Bank (Mexico). *Sci. Mar.* 61: 297-303.

Leslie P. H., 1.945 On the Use of Matrices in Certain Population Mathematics *Biometrika*. 33: 183-212

Lessa R., R. C. Menni., y F. Lucena., 1998. Biological observations on *Sphyrna lewini* and *S. tudes* (Chondreichthyes, Sphyrnidae) from northern Brazil. *Vie et Milieu*. 48: 203-213.

Lin L-Ly., y K. T. Shao., 1987. Intraspecific and interspecific relationships of Sphyraenidae from Taiwan via morphometric and electrophoretic studies. *Acta Oceanogr. Taiwanica.* 18: 24-38.

Lombardi-Carlson L. A., E. Cortes, G. R. Parsons, y C. A. Manire., 2003. Latitudinal variation in life-history traits of bonnethead sharks, *Sphyrna tiburo* (carcharhiniformes: Sphyrnidae), from the eastern Gulf of Mexico. *Marine and Freshwater Research*. 54:875-883.

Ludwing L. A., y J. F. Reynolds., 1988. *Statistical ecology*. John Wiley y Son. 337 pp

Lui K. M., y C. T. Chen., 1999. Demographic analysis of the scalloped hammerhead *Sphyrna lewini*, in the northwestern Pacific. *Fish. Sci. Tokyo.* 65 (2): 218-223

Macias Romo M. E., y A. F. Mota Pineda., 1990. Algunos aspectos biológicos y pesqueros de la sierra del Pacífico (*Scomberomorus sierra,* Jordan y Starks, 1985) en Bahía Bufadero, Michoacán y en el puerto de Mazatlán, Sinaloa. *Tesis de Licenciatura en Biología*. Fac. de Ciencias. UNAM. 154 p.

MacLean J. A., y D. O. Evans., 1981. The “stock” concept, discretess of fish “stocks, and fisheries management. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*. 38: 189-1898.

Manjarres Acosta C., Juárez R. F., Rodríguez R. S. P., González E. A., Díaz D. R., Liarraga H. X., y Vega C. A. E., 1983. Estudio sobre algunos aspectos biológicos-pesqueros del tiburón en la región de la Zona Sur de Sinaloa. *Tesis Biología Pesquera*. Facultad de Ciencias del Mar. UAS.

Marcus L. F., E. Bello., y A. García-Valdecasas., 1993. Contributions to morphometrics. *Madrid: Monografías del Museo Nacional de Ciencias Naturales* No. 8.

Margalef R., 1977. *Ecología.* Planeta. Barcelona, España.

Marques de Cantu, Maria José., 1990. *Probabilidad y estadística para ciencias químico-biológicas*. McGraw-Hill. México. 657 p.

McNemar Q., (1947). Note on the sampling error of the difference between correlated proportions or percentages. *Psychometrika*, *12*, 153-157.

Márquez-Farias, 2002. Análisis de la pesquería de tiburón de México. *Tesis de Posgrado. Maestría en Ciencias Pecuarias*. Universidad de Colima, México. 97 p.

Márquez F. J. F., J. L. Castillo G., y Mª. C. Rodríguez de la Cruz., 1998. Demografía del cazón pech, *Sphyrna tiburo* (Linnaeus, 1758), en el sureste del Golfo de México. *Ciencias Marinas*. 24 (1): 13-34

Mendizábal y Oriza D., 1995. Biología Reproductiva, Crecimiento, Mortalidad y Diagnóstico de *Alopias vulpinus* (Tiburón Zorro) y *Carcharhinus limbatus* (Tiburón Volador); en la Boca del Golfo de California al Golfo de Tehuantepec, Periodo 1986-1987. *Tesis de Maestría en Ciencias*. Biología. Fac, de Ciencias. UNAM.

Munro J. L., y D. Pauly., 1983. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbyte* 1: 5-6.

Musick J. A., 1999. Criteria to define extinction risk in marine fishes. *Fisheries*. 24 (12): 6-14.

Natanson, L. J., Mello, J. J., y Campana S. E., 2002. Validated age and growth of the porbeagle shark, *Lamna nasus*, in the western North Atlantic Ocean. *Fisheries Bulletin*. 100: 266–278.

Nayaka K., 1995. Hydrodynamic Function of the Head in the Hammerhead Sharks (Elasmobranchii: Sphyrnidae). *COPEIA*. (2): 330-336.

Officer R. A., A. S. Gason, Walker T. I. , y J. G. Clement., 1996 Sources of variation in counts of growth increments in vertebrae from gummy shark, *Mustelus antarticus*, and school shark, *Galeorhinus galeus*: implications for age determination. *Can J Fish Aquat Sci*. 53:1765–1777

Olsen A. M., 1954. The biology, migration, and growth rate of the school shark, *Galeorhinus australis* (MaCley) (Carcharhinidae) in southeastern Australian Waters. *Australian Journal Marine and Freshwaters Research*. 5(3): 353- 410.

Ortiz Medine E. M., Rodríguez D. M., y Verduzco V. G., 1987. Pesquería del tiburón en flotas deportivas en la región de Mazatlán, Sinaloa. *Tesis biología Pesquera*. Facultad de Ciencias del Mar. UAS. 25 p.

Pacheco S. P., 1991. Oceanografía física. Pacífico tropical mexicano. Cabo corriente a la frontera con Guatemala. 151-168 Pág. *In*: de la Lanza E. P., (Ed.). 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT Editor. S. A. 569 p.

Parker Jr. F. R., y C. M. Bailey., 1979. Massive aggregations of elasmobranchs near Mustang and Padre Islands, Texas. *The Texas J. Sci*. 31(3): 255-266.

Parsons G. R., 1993. Age determination and growth of the bonnethead shark *Sphyrna tiburo*: a comparation of two populations. *Mar. Biol.* 117: 23-31

Pauly D., 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameter and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Const. Int. Explor. Mer*. 39 (3): 175-192.

Pauly D., y J. L. Munro., 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte* 2: 21.

Pérez-Jiménez., y Venegas, A. 1997. Análisis Biológico – Pesquero de Tiburones de las Familias Sphyrnidae, Alopiidae y Lamnidae (Elasmobranchii) Capturados por la Principal Flota Artesanal del Sur de Nayarit, México. Temporada 1995 – 1996. *Tesis de Licenciatura*. Universidad de Guadalajara. 62 p.

Pérez-Jiménez J. C., O. Sosa-Nishizaki, E. Furlong-Estrada, D. Corro-Espinosa, A. Venegas-Herrera y O. V. Barragán-Cuencas., 2002. Artisanal Shark Fishery at "Tres Marias" Islands and Isabel Island in the Central Mexican Pacific. *e-Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 35, art. 43

Pérez-Vivar T. L., 2003. Dinámica poblacional del camarón blanco, *Litopanaus vannamei* (Boone, 1931) en la plataforma continental de Sinaloa y Nayarit. *Tesis de Postgrado. Maestría en Ciencias Biológicas Marinas*. Postgrado en Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. Mazatlán, Sinaloa. 86 p.

Pielou E. C., 1984. *The interpretation of ecological data: A primer on classification and ordination.* John Wiley & Sons. New York. USA. 263.

Piercy N., A., J. K. Carlson., J. A. Sulikowski y G. H. Burgess., 2007. Age and growth of the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*, in the north-west Atlantic Ocean and Gulf of Mexico. *Marine and Freshwater Research*. 58 (1): 34–40

Piñon-Gimate A., 2003. Contribución al conocimiento de la biología de las especies *hoplopagrus guentherii, lutjanus argentiventris, lutjanus* colorado y *lutjanus guttatus* de la bahía de Mazatlán y Santa Maria La Reforma. *Tesis Maestría (Maestría en Ciencias (Biología Marina)*. UNAM, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. 106 p.

Pratt, Jr. H. L. y Casey, J.G., 1983. Age and growth of the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, using four methods. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*. (40): 1944-1957.

Prince E. C. y L. M. Pulos., 1983. Glossary. *In*: Prince E. C., y Pulos L. M., (Eds.). Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks *NOAA Tech. Rep. NMFS* 8: 211 p.

Quattro J. M., D. S. Stoner, W. B. Driggers, C. A. Anderson, K. A. Priede, E. C. Hoppmann, N. H. Campbell, K. M. Duncan y J. M. Grady., 2006. Genetic evidence of cryptic speciation within hammerhead sharks (Genus Sphyrna). *Marine Biology* 148: 1143–1155

Ramírez-Herrera, M. T., y Urrutia-Fucugauchi, J., 1999. Morphotectonic zones along the coast of the Pacific continental margin, southern Mexico. *Geomorpholog*y, 28: 237-250.

Reyes-Bonilla H., y López-Pérez A., 1998. Biogeografía de los corales pétreos (Scleractinia) del Pacífico de México. *Ciencias Marinas*. 24 (2): 211-224

Ribot Carballal, M. C., F. Galván Magaña, C. Quiñónez Velázquez., 2005. Age and growth of the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, from Baja California Sur, Mexico. *Fisheries Research*. 76 (1): 14-21.

Ricker W. E., 1972. Heredity and environmental factors a affecting certain salmonid populations. P 19-160. *In*: R. C. Simon y P. A. Larkin., (Eds) *The stock concept in pacific salmon*. H. R. MacMillan Lectures in Fisheries. Univ. British Columbia. Vancouver. B. C.

Ricker. W. E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Bull. Fish. Res. Bd. Can*. 191: 382 p.

Rigetty Rojo B., y Castro Morales F. J., 1990. Estudio de algunos aspectos biológicos del tiburón en la región de Mazatlán, Sinaloa. *Tesis Biología Pesquera*. Facultad de Ciencias del Mar. UAS. 77 p

Rikhter V. A. y Efanov., 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. *ICNA. Res. Doc*., 76/VI/8:12 p.

Rodríguez García H., 1986. Contribución al estudio de la pesquería del tiburón en la Zona Sur del estado de Sinaloa (Mazatlán). *Tesis Biología Pesquera*. Facultad de Ciencias del Mar. UAS. 94p

Roff D. A., 1984. The evolution of life history parameters in teleosts. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*. 41: 989-1000

Rohlf F. J., y F. L. Bookstein., 1990. *Proceedings of the Michigan morphometrics workshop.* Univ. Michigan. Mus. Zool. Spec. Pub, 2.

Rothschild B. J., 1995. Fish stock fluctuations as indication of multidecadal fluctuations in the biological productivity of the oceans. 201-220 p. *In*: Rothschil B. J., (Ed). 1995. Climate change and Northern fish populations. *Can. Spec. Pub. Fish. Aquat. Sci.* 121.

Ruiz L. A., y Madrid V. J., 1997. Análisis comparativo de tres sistemas de pesca artesanal. *Región y Sociedad*. 8 (13-14): 77-97.

Ruiz L. A., y E. Girón Botello., 1982. Variación estacional planctónica en Caleta en Caleta de Campos, Mich. *Reporte de Biología de Campo. Serie Ecológica No. 17*. Facultad de Ciencias. UNAM.

Ruiz-Campos G., F. Camarena-Rosales, A. Varela-Romero, S. Sánchez-Gonzáles, y J. De La Rosa-Vélez., 2003. Morphometric variation of wild trout populations from northwestern Mexico (Pices: Salmonidae). *Rev. Fish. Biol. and Fisheries*. 13: 91-110

Santana F. M., y Lessa. R., 2004 Age determination and growth of the night shark (*Carcharhinus signatus*) off the northeastern Brazilian coast. *Fish Bull.* 102:156–167

Sarabia Alvarado D., y Velásquez Mayorquin. J., 2002 Composición de las capturas del tiburón de la flota artesanal de Playa Sur, Mazatlán, Sinaloa entre 2000 y 2002. *Tesis Biología Pesquera.* Facultad de Ciencias del Mar. UAS. 57p

Saucedo Barrón C. J., 1982. El tiburón, contribución al estudio de la pesquería en la zona sur de Sinaloa, Méx., *Ciencias del Mar*. Época 1, Año 1, Número 4: 14-30.

Saucedo Barrón C. J., G. Colado Uribe, J. G. Martínez Adrián., S. Burgos Zazuela., J. G. Chacón Cortéz, y J. Espinoza Fierro., 1982 Contribución al estudio de la pesquería del tiburón en la zona sur del Estado de Sinaloa. *Memoria del Servicio Social Universitario*. Escuela de Ciencias del mar, UAS. Mazatlán, Sinaloa.

SEMARNAP. 2000. *Anuario estadístico de pesca 1999*. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.. México.

Secretaría de Pesca. 1987. *Encuentro de comunidades pesqueras, Michoacán*. Subsecretaría de Fomento Pesquero- SEPESCA. México.

Secretaría de Marina., 1974. *Estudio geográfico de la región de Mazatlán, Sinaloa*. Dirección General de Oceanografía y señalamiento Marítimo, México. 354 p.

Schaefer K. M., 1991. Geographic variation in morphometric characters and gill-raker counts of yellowfin tuna, T*hunnus albacores*, from the pacific Oceanus. *Fish Bull*. 89: 289-297

Schwartz F. J., 1983. Shark ageing methods and age estimation of scalloped hammerhead *Sphyrna lewini*, and dusky, *Carcharhinus obscurus*, sharks based on vertebral rings counts. 167-174 p. *In*: Prince E. C., y L. M. Pulos., (Eds.). Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks. *NOAA Tech. Rep. NMFS* 8: 211 p.

Siegel, S., 1995. *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*. 4th Edición. México: Trillas. 437 p.

Simpfendorfer C. A., 1998. Mortality estimates and demographic analysis for the australian sharpnose shark, *Rhizoprionodon taylori*, from northern Australia. *Fish. Bull*. 97: 978-986.

Simpfendorfer C. A., 2005. Threatened fishes of the World: *Pristis pectinata* Latham, 1794 (Pristidae). *Env. Biol. Fish.:* 73: 20.

Sinervo B., 1999. Mechanistic analysis of natural selection and a refinement of Lack's and Williams's principles. *Am. Nat*. 154:S26–S42.

Skomal, G. B., y L. Natanson., 2003. Age and growth of the blue shark (*Prionace glauca*) in the North Atlantic Ocean. *Fishery Bulletin* 101.

Sminkey T. R. y J. A. Musick., 1995. Age and growth of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus* before and after populations depletion. *COPEIA*. 871-883

Smith S. E., y N. J. Abramson., 1990. Leopard shark, *Triakis semifasciata*, distribution, mortality rate, yield, and stock replenishment estimates based on a tagging study in San Francisco Bay. *Fish Bull.* 88: 371-381.

Sokal, R. R., y F. J. Rohlf., 1995. *Biometr*y. Freeman, New York.

Soriano Velásquez S. R., A. Solís N., C. Ramírez S., A. Cid del Prado V., y J. L. Castillo G., 2000. Tiburones del Golfo de Tehuantepec. 211-236 p. *In*: Cisneros Mata M. A., L. F. Belendez M., E. Zarate B., M. T. Gaspar D., L. del C. López G., C. Saucedo R., J. Tovar A (Eds), *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo*. Secretaría de Ganadería Recursos Naturales y Pesca.

Sparre, P., y S. C. Venema., 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO *Fish. Tech. Pap*., No. 306.1, Rev. 2. Roma, FAO, 420 pp.

Springer S., 1967. Social organization of shark population. *In*: Gilbert. P. W., R. F. Mattheewson., y D. Rall., (Eds). *Sharks, Skates and Rays*. (The Johns Hopkins Press Baltimore, Maryland. 624 p.

Ssetongo G. W., y Larkin P. A., 1973. Some simple methods of estimating mortality rates of exploited fish populations. *J. Fish. Res. Board. Can*. 30: 695-698.

Stevens J. D., Bonfil S. R., N. K. Duluy, y P. A. Walker., 2000. The effects of fishing on sharks, rays and chimeras (Chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES J. Mar. Sci*. 57: 476-494.

Strauss R. E., y Bookstein F. L., 1982. The truss: body form, reconstruction in morphometrics. *Syst. Zool*. 31 (2): 113-135

Tanaka, S., 1960. Studies on the dynamics and the management of fish populations. *Bull. Tokai. Reg. Fish. Res. Lab*., 28: 1-200.

Tapiero Barona J. L., L. A. Zapata Padilla, y E. Alfonso Rubio., 1996. Biología y dinámica poblacional de *Sphyrna lewini* en el Pacífico Colombiano. *X seminario Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar*. Santa Fe de Bogota. Colombia. Resumen 2.51. Pág. 116.

Tapia-García M., 1998. Evaluación ecológica de la ictiofauna demersal. 103-128 Pág. *In*. Tapia-García M., (Ed.). 1998. *El Golfo de Tehuantepec. El ecosistema y sus recursos*. UAM. Unidad Iztapalapa. 239 p.

Taylor C. C., 1958. Cod Growth and Temperature. *J. Cons. Int. Explor. Mer. 23: 366-370.*

Taylor C. C., 1960. Temperature, growth and mortality- the Pacific cockle. *J. Conseil*. 23: 366-370.

Thorpe J. E., y K. A. Mitchell., 1981. Stocks of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Britain and Irland: discreteness and current management. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 1576-1590

Thorson T. B. y Lacy, E. J., 1982. Age and growth rate and longevity of *Carcharhinus leucas* estimated from tagging and vertebral rings. *COPEIA* (1): 110-115.

Toledo A., y l. Bozada., 2002. *El delta del Río Balsas. Media ambiente, pesquerías y sociedad*. Instituto Nacional de Ecología, El colegio de Michoacán. México 294 p.

Torres-Huerta A. Ma., 1999. Observaciones sobre la biología reproductiva de la cornuda barrosa *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) (Pisces: Sphyrnidae) en aguas del noreste de México. *Tesis de licenciatura en Biología* .UNAM, ENEP-Iztacala. México 68 p.

Tovilla H. C., 1991 Oceanografía geológica. 403-452 Pág. Golfo de California. *In*: de la Lanza E. P (Ed.). 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT Editor. S. A. 569 p.

Turcott Dolores V., y E. Girón Botello., 1981. Productividad primaria en aguas costeras de Caleta de Campos, Mich. *Reporte de Biología de Campo. Serie Ecología No. 20.* Facultad de Ciencias UNAM. Inpaginado.

Vetter E. F., 1988. Estimation of natural mortality in fish stocks: A review. *Fish. Bull*. 86 (1): 25-43.

Waldman Jr., 1999. The importance of comparative studies in stock analysis. *Fish. Res.*. 43 (1-3): 237-249

Walker T. I., 1992. Fishery simulation model for sharks applied to the gummy shark, *Mustelus antarticus* Günther, from Southern Australian Waters. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 43: 195-212.

Walker T. I., 1994a. Stock assessments of the gummy shark, *Mustelus antarticus* Günther, in Bass Starit off South Australia. 173-187 pag. *In*: Hancock D. A., (Ed.) Population dynamics for fisheries management. *Australian Society for Fish Biology Workshop Proceedings, Perth, Australia*, 24-25 August 1993.

Walker T. I., 1994 b. Fishery model of the gummy shark, *Mustelus antarticus*, For Bass Strait. 422 - 438 pag. *In*: Bishop I., (Ed). *Proceedings of resource technology ´94. New opportunities best practice.* The Centre for Geographic Information Systems and Modeling. University of Melbourne, Australia.

Weimer R. C., 1996. *Estadística*. CECSA. México. 839 p.

Wetherall J. A., J. J. Polovina., y S. Ralston., 1987. Estimating growth and mortality In: Steady-state Fish "stocks from length-frequency data. *ICLARM Conf. Proc*. (13): 53-74

Winans G. A., 1984. Multivariate morphometric variability in pacific salmon: Technical demonstration. *Can. J. Aquat. Sci*. 41: 1150-1159

Wintner, S. P., 2000. Preliminary study of vertebral growth rings in the Whale Shark, *Rhincodon typus*, from the east coast of South Africa. *Env. Biol. Fish.* 59: 441-451.

Wintner, S. P., y G. Cliff., 1999. Age and growth determination of the white shark, *Carcharodon carcharias*, from the east coast of South Africa. *Fishery Bulletin* 97: 153-169.

Wood C. C., K. S. Ketchen y R. J. Beamish., 1979. Population dynamics of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in British Columbia waters. *J. Fish. Res. Board Can*. 36: 647-656.

Wourms J. P., B. D. Grove, y J. Lombardi,. 1988. The maternal-embryonic relationship in viviparous fishes. *In*. Hoar W.S and D.J. Randall., (Eds). *Fish Physiology*, Vol. 1, Part B. Acad. Press. N. Y. 1-34 p.

Yamaguchi, A., Taniuchi, T., y M. Shimizu, 2000. Geographic variations in reproductive parameters of the starspotted dogfish, *Mustelus manazo*, from five localities in Japan and in Taiwan. *Env. Biol. Fish*. 57(2): 221-233.

Yudin, K., y G. Cailliet., 1990. Age and growth of the gray smoothound *Mustelus californicus*, and the brown smoothound *M. henlei,* sharks from central California. *COPEIA* (I): 191-204.

Zar, Jerrold H., 1999. *Biostatistical Analysis.* 4th Edition. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ. 931 pp.

Zarate-Rustrian J., 2002. Biología y pesquería del tiburón martillo, *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) de las aguas costeras del Golfo de México. *Tesis de licenciatura en Biología.* Facultad de Ciencias UNAM. México. 69 p.